ماهر أسعد بكر

نحو مستقبل مستدام

اعتماد العمارة الخضراء في البناء الحديث،
لتحقيق التوازن بين الجماليات و الحفاظ على البيئة في الهندسة المعمارية



نحو مستقبل مستدام

ماهر أسعد بكر

حقوق الطبع و النشر © 2024

كل الحقوق محفوظة.

لا يجوز إعادة إنتاج أي جزءٍ من هذا الكتاب بأي شكلٍ من الأشكال
دون الحصول على إذنٍ كتابي من الناشر أو المؤلف.

الفهرس

مقدمة 1

أسس العمارة الخضراء 13

كفاءة الطاقة في تصميم المباني 30

تقنيات الحفاظ على المياه 45

المواد المستدامة 56

البيئة الداخلية 68

البيئة المحيطة 76

إدارة المخلفات 85

أكثر من مجرد بناء 94

الابتكارات 102

تنصل من المسؤولية 106

عن المؤلف 108

مقدمة

أصبح مفهوم الاستدامة محوراً رئيسياً في مختلف جوانب حياة الإنسان، بما في ذلك الهندسة المعمارية، فاليوم، الهندسة المعمارية الخضراء، و المعروفة أيضاً بالهندسة المعمارية المستدامة، هي فلسفة تصميم تسعى إلى تقليل التأثير البيئي السلبي للمباني و الهياكل مع إنشاء مساحات صحية و مريحة، هذا النهج يعطي الأولوية لاستخدام الموارد المتجددة و الطاقة الصديقة للبيئة لتعزيز بيئة أكثر استدامة.

لا يمكن المبالغة في أهمية الهندسة المعمارية الخضراء في عالمنا الآخذ في التحضر السريع، فمع النمو السكاني و التوسع الحضري السريع، تتعرض صناعة البناء و التشييد لضغوط هائلة لتلبية الطلب

المتزايـد علـى الإسـكان و البنيـة التحتيـة مـع تقليـل تأثيرهـا علـى البيئـة، و تقـدم الهندسـة المعماريـة الخضـراء حـلاً لهـذه المعضـلة مـن خـلال تـوفير إطـار لتصـميم المبـاني التـي لا تكـون جذابـة مـن الناحيـة الجمالية فحسب، بل مسؤولة بيئياً أيضاً.

يمكـن إرجـاع تطـور العمـارة الخضـراء إلى الحركـات البيئيـة في السـتينيات و السـبعينيات مـن القـرن الماضـي، و التـي أدت إلى زيـادة الـوعي حـول التـأثير البيئـي للأنشـطة البشـرية، و أدى ذلـك إلى تجديـد الاهتمـام بمبـادئ و تقنيـات التصـميم المسـتدام التـي يمكـن أن تقلـل مـن اسـتهلاك المـوارد و تقلـل الآثـار السـلبية للمبـاني علـى البيئـة الطبيعيـة، منـذ ذلـك الحـين، تطـورت الهندسـة المعماريـة الخضـراء بشـكل كبيـر، حيـث دمجـت تقنيـات جديـدة و اسـتراتيجيات تصـميم مبتكـرة لإنشـاء مبـاني أكثـر كفـاءة في اسـتخدام الطاقـة و اسـتخدام الميـاه، و صـديقة للبيئـة،غالباً مـا

يتم تصميم المباني الخضراء للاستفادة من الضوء الطبيعي و التهوية و الكتلة الحرارية لتقليل استهلاك الطاقة و إنشاء بيئات داخلية أكثر صحة لشاغليها.

و بينما يتصارع العالم مع تحديات تغير المناخ و استنزاف الموارد، أصبحت ممارسات البناء المستدام أكثر أهمية من أي وقت مضى، حيث تساعد المباني الخضراء على تقليل انبعاثات الكربون و استهلاك الطاقة و تحسين جودة الهواء و الحفاظ على المياه و صحة الإنسان و رفاهيته بشكل عام.

تقوم العمارة الخضراء على مجموعة من المبادئ و الاستراتيجيات التي تهدف إلى تقليل التأثير البيئي للمباني و تعزيز الاستدامة، و ترشد هذه المبادئ المهندسين المعماريين و المصممين إلى إنشاء

مبــانٍ ليســت فقــط جذابــة مــن الناحيــة الجماليــة و لكنهــا أيضــاً مــوفرة للطاقـــة، و مـــوفرة للميـــاه، و مسؤولة بيئياً.

كفـاءة اسـتخدام الطاقـة هـي أحـد المبـادئ الأساسـية للهندســة المعماريــة الخضــراء، حيــث تعتبــر المبــاني مســتهلكة كبيــرة للطاقــة، و تمثــل نســبة كبيــرة مــن انبعاثــات الغــازات الدفيئــة العالميــة، فــتم تصــميم المبــاني الخضــراء لتقليــل اسـتهلاك الطاقــة مــن خــلال اســتخدام وســائل التدفئــة و التبريــد و الإضــاءة و الأجهــزة الفعالــة، بمــا يشــمل أيضــاً اســتخدام العــزل عــالي الأداء، و النوافــذ المــوفرة للطاقـــة، و مصــادر الطاقـــة المتجـــددة مثـــل الألـــواح الشمســـية أو توربينات الرياح.

و تعـــد كفـــاءة اســـتخدام الميـــاه أحـــد الاعتبـــارات الرئيســـية الأخـــرى في الهندســـة المعماريـــة الخضـــراء،

فمـع تزايـد نـدرة مـوارد الميـاه العذبـة، أصـبح مـن الضــروري تقليــل اســتهلاك الميــاه في المبــاني مــن خـلال اسـتخدام التركيبـات المـوفرة للميـاه، و أنظمـة تجميـع ميـاه الأمطـار، و إعـادة تـدوير الميـاه، حيـث تـم تصـميم المبـاني الخضـراء لتقليـل هـدر الميـاه و تعزيـز الحفـاظ علـى الميـاه مـن خـلال اسـتخدام المنـاظر الطبيعية المقاومة للجفاف و أنظمة الري الفعالة.

كمـا يعـد اسـتخدام المـواد المسـتدامة أيضـاً جانبـاً أساسـياً في الهندسـة المعماريـة الخضـراء، حيـث أن لمـواد البنـاء التقليديـة مثـل الخرسـانة و الصـلب تـأثيرات بيئيـة كبيـرة بسـبب عمليـات إنتاجهـا كثيفـة الاسـتهلاك للطاقـة، فـتم تصـميمالمباني الخضـراء بطريقـة يجعلهـا تسـتفيد مـن مـواد صـديقة للبيئـة مثـل الخشـب المعـاد تـدويره و الخيـزران و الحجـر الطبيعـي التـي لهـا آثـار كربونيـة أقـل و يـتم الحصـول عليهـا مـن مصـادر مسـتدامة، هـذا لا يقلـل مـن التـأثير

البيئي للبناء فحسب، بل يشجع أيضاً على استخدام الموارد المتجددة و يدعم الاقتصادات المحلية.

و تلعب استراتيجيات التصميم السلبي دوراً حاسماً في الهندسة المعمارية الخضراء من خلال الاستفادة من العناصر الطبيعية للبيئة لإنشاء مباني مريحة و موفرة للطاقة، و تساعد تقنيات التصميم السلبي مثل التوجيه و التظليل و التهوية الطبيعية و الكتلة الحرارية على تحسين أداء المباني و تقليل الحاجة إلى أنظمة التدفئة و التبريد الميكانيكية، و من خلال تصميم المباني التي تعمل في انسجام مع محيطها، يمكن للمهندسين المعماريين إنشاء مساحات ليست مستدامة فحسب، بل تستجيب أيضاً لاحتياجات شاغليها.

إن اعتماد الهندسة المعمارية الخضراء يوفر مجموعة واسعة من الفوائد، ليس فقط للبيئة و لكن أيضاً للاقتصاد و المجتمع ككل، فمن خلال تعزيز ممارسات البناء المستدامة، يمكن للهندسة المعمارية الخضراء أن تساعد في تقليل الآثار السلبية للبناء على البيئة، و تعزيز الحفاظ على الموارد، مما يدعم إنشاء مجتمعات أكثر صحة و أكثر ملاءمة للعيش.

واحدة من الفوائد الأساسية للهندسة المعمارية الخضراء هو تأثيرها البيئي الإيجابي، حيث تم تصميم المباني الخضراء لتقليل استهلاك الطاقة، و استخدام المياه، و توليد النفايات، و بالتالي تقليل البصمة الكربونية و تأثيرها البيئي، و من خلال دمج التقنيات الموفرة للطاقة، و المواد المستدامة، و استراتيجيات التصميم السلبي، تساعد المباني الخضراء على تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، و

الحفاظ على الموارد الطبيعية، و حماية النظم البيئية، بالإضافة إلى فوائدها البيئية، توفر المباني الخضراء أيضاً مزايا اقتصادية كبيرة، ففي حين أن التكلفة الأولية لتصميم و بناء المباني الخضراء قد تكون أعلى من تكلفة المباني التقليدية، إلا أن التوفير في فواتير الطاقة و المياه على المدى الطويل يمكن أن يعوض هذه التكاليف بمرور الوقت، بالإضافة إلى أن المباني الخضراءلها قيمة إعادة بيع أعلى و تكاليف تشغيل أقل، مما يجعلها استثماراً مالياً سليماً لأصحاب المباني و المطورين.

علاوةً على ذلك، يمكن أن يكون للهندسة المعمارية الخضراء تأثيرات اجتماعية إيجابية من خلال خلق بيئات معيشة و عمل أكثر صحة و راحة للشاغلين، فقد تم تصميم المباني الخضراء لتحسين الإضاءة الطبيعية و التهوية، و تقليل الملوثات الداخلية، و تحسين جودة الهواء الداخلي،

و بالتـــالي تحســـين صـــحة و رفاهيـــة شـــاغليها، و مـــن خـــلال إنشـــاء مســـاحات تســـتجيب لاحتياجـــات النـــاس، تســـاعد الهندســـة المعماريـــة الخضـــراء علـــى تعزيـــز الشـــــعور بـــــالمجتمع و التواصـــــل و الرفاهيـــــة الاجتماعية.

و علـــى الـــرغم مـــن الفوائـــد العديـــدة للهندســـة المعماريـــة الخضـــراء، لا تـــزال هنـــاك تحـــديات كبيـــرة يتعـــين التغلـــب عليهـــا في تعزيـــز ممارســـات البنـــاء المســـتدامة علـــى نطـــاق أوســـع، إحـــدى العقبـــات الرئيســـية هـــي عـــدم وجـــود سياســـات و تنظيمـــات شـــاملة تحفـــز ممارســـات البنـــاء الأخضـــر و تعاقـــب الممارســـات غيـــر المســـتدامة، و في حـــين أن العديـــد مـــن البلـــدان و البلـــديات اعتمـــدت معـــايير و شـــهادات البنـــاء الأخضـــر، لا تـــزال هنـــاك حاجـــة إلى لـــوائح و حـــوافز أكثـــر صـــرامة لتشـــجيع اعتمـــاد العمـــارة الخضـــراء علـــى نطاق واسع.

يعد الطلب في السوق عاملاً حاسماً آخر في اعتماد الهندسة المعمارية الخضراء، ففي حين أن هناك وعي متزايد بالفوائد البيئية و الاقتصادية للمباني الخضراء، فإن العديد من أصحاب المباني و المطورين قد يترددون في الاستثمار في التصميم المستدام بسبب التكاليف المرتفعة المتوقعة أو المعرفة المحدودة بممارسات المباني الخضراء، و من خلال تثقيف أصحاب المصلحة حول فوائد الهندسة المعمارية الخضراء و خلق حوافز لممارسات البناء المستدامة، يمكننا المساعدة في دفع طلب السوق على المباني الخضراء و تسريع الانتقال إلى بيئة مبنية أكثر استدامة.

و يلعب الابتكار التكنولوجي أيضاً دوراً حاسماً في تطوير العمارة الخضراء، فمع التقدم السريع في مواد البناء، و التقنيات الموفرة للطاقة، و أدوات النمذجة الرقمية، أصبح لدى المهندسين

المعمــاريين و المصــممين فــرص أكثــر مــن أي وقــت مضــى لإنشــاء مبــاني مســؤولة بيئيــاً و ممتعــة مــن الناحيــة الجماليــة، و مــن خــلال تســخير هــذه الابتكــارات و دمجهــا في عمليــة التصــميم، يمكننــا التحفيــز علــى اعتمــاد العمــارة الخضــراء و إنشــاء مبــاني مســتدامة و مرنة و متكيفة مع الاحتياجات المتغيرة للمجتمع.

أسس العمارة الخضراء

التحول نحو العمارة الخضراء ليس مجرد اتجاه عابر، بل هو إعادة تقييم أساسية لكيفية تفاعلنا مع بيئتنا المبنية، و من أجل فهم أسس العمارة الخضراء، من الضروري بمكان دراسة أسسها التاريخية، و أطرها النظرية، و المبادرات و السياسات العالمية التي تدفع التنمية المستدامة إلى الأمام.

إن فكرة ممارسات البناء المستدامة ليست مفهوماً جديداً، في الواقع، يمكن إرجاع جذور هذا النهج إلى التصاميم المعمارية للعديد من الحضارات القديمة، التي كانت بارعة في دمج العناصر المستدامة في هياكلها، لقد أدركت هذه المجتمعات التاريخية، بحكمتها، أهمية العمل في انسجام مع الطبيعة، و ليس ضدها، و يتجلى هذا الفهم في

اســـتخدامهم لتقنيـــات التدفئـــة و التبريـــد الســـلبية، فضـلاً عـن اسـتخدام المـواد مـن مصـادر محليـة، فعلـى ســـبيل المثـــال، كـــان الإغريـــق و الرومـــان رواداً في اســـتخدام التصـــميم الشمســـي الســـلبي، و قـــاموا بتوجيــه مبــانيهم لتحقيــق أقصــى قــدر مــن التعــرض لأشــعة الشــمس خــلال أشــهر الشــتاء، مــع تقليلهــا خـلال فصـل الصـيف. و قـد سـمح لهـم هـذا التلاعـب الــذكي بمســـار التعـــرض للشـــمس بالحفـــاظ علـــى درجـات حـرارة داخليـة مريحـة دون الحاجـة إلى أنظمـة تدفئـــة أو تبريـــد صـــناعية، و بالمثـــل، فقـــد بنـــى المصــريون القــدماء مبــانيهم بجــدران ترابيــة ســميكة تــوفر عــزلاً ممتــازاً ضــد حــرارة الصــحراء، كمــا أظهــرت القبائـل الأصـلية في جميـع أنحـاء العـالم فهمـاً عميقـاً لممارســـات البنـــاء المســـتدام، فلقـــد بنـــوا منـــازلهم باســـتخدام مـــواد مصـــدرها بيئـــتهم المباشـــرة، مثـــل الخشـــب و الطـــين و الحجـــر، ممـــا أدى إلى تقليـــل

التـــأثير البيئـــي لمبـــانيهم، و ضـــمن أيضـــاً أن تكـــون مبـــانيهم متكيفـــة بشـــكل جيـــد مـــع منـــاخهم و جغرافيتهم المحلية.

لكـن وصـول الثـورة الصـناعية كـان بمثابـة تحـول كبيـر في نهجنـــا في البنـــاء، فتحـــول التركيـــز نحـــو الإنتـــاج الضـــخم و اســـتخدام المـــوارد غيـــر المتجـــددة، و علـــى الـرغم مـن أن هـذا النمـوذج الجديـد قـد أحـدث نمـواً و تطـوراً غيـر مسـبوقين، إلا أنـه كـان لـه أيضـاً تـأثير كبيـر علـــى البيئـــة، هـــذا الاســـتنزاف الســـريع للمـــوارد الطبيعيـــة، إلى جانـــب المســـتويات المتزايـــدة مـــن التلـوث و النفايـات، أدى إلى تزايـد الـوعي بالحاجـة إلى ممارسات بناء أكثر استدامة.

و قـد أكـدت الحركـة البيئيـة الحديثـة، التـي اكتسـبت شـــعبية في ســـتينيات و ســـبعينيات القـــرن الماضـــي، علـى أهميـة تقليـل بصـمتنا الكربونيـة و الحفـاظ علـى

مواردنـا الطبيعيـة. هـذه الحركـات التـي ولـدت مـن الاهتمـام المتزايـد بحالـة كوكبنـا، دعـت إلى العـودة إلى ممارسـات البنـاء المسـتدامة القديمـة، و لكـن مـع لمسة عصرية.

في السـياق المعاصـر، تشـمل ممارسـات البنـاء المسـتدام، و المعروفـة أيضـاً باسـم البنـاء الأخضـر، مجموعـة واسـعة مـن الاسـتراتيجيات و التقنيـات، تشـمل اسـتخدام مصـادر الطاقـة المتجـددة، مثـل الطاقـة الشمسـية و طاقـة الريـاح، و تنفيـذ أنظمـة مـوفرة للطاقـة، و اسـتخدام المـواد المسـتدامة، و إنشاء بيئات داخلية صحية.

يعـد اسـتخدام مصـادر الطاقـة المتجـددة جانبـاً رئيسـياً في البنـاء الأخضـر، فمـن خـلال تسـخير طاقـة الشـمس و الريـاح و غيرهـا مـن المـوارد المتجـددة، يصـبح بوسـعنا أن نقلـل بشـكل كبيـر مـن اعتمادنـا

على الوقود الأحفوري، و بالتالي الحد من انبعاثات الكربون و تخفيف تأثيرنا على البيئة، و تعد الأنظمة الموفرة للطاقة عنصراً حاسماً آخر في ممارسات البناء المستدامة، حيث يمكن لهذه الأنظمة، التي تشمل كل شيء بدءاً من أنظمة التدفئة و التبريد عالية الكفاءة و حتى الأجهزة و الإضاءة الموفرة للطاقة، أن تقلل بشكل كبير من استهلاك الطاقة في المبنى، مما يسبب توفير التكاليف لشاغلي المبنى كما يساهم أيضاً في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة.

يعد استخدام المواد المستدامة جانباً مهماً آخر من جوانب البناء الأخضر، و المواد المستدامة هي المواد التي يتم الحصول عليها من مصادر مسؤولة، و لها تأثير ضئيل على البيئة، و يمكن إعادة استخدامها أو إعادة تدويرها في نهاية عمرها الافتراضي، مثل الخشب المستصلح، و المعادن

المعـاد تـدويرها، و مـواد العـزل الطبيعيـة مثـل القـش و الصوف.

إن إنشـاء بيئـات داخليـة صـحية يعتبـر هـدفاً أساسـياً لممارسـات البنـاء المسـتدامة، و ذلـك يتضـمن تصـميم المبـاني التـي تـوفر نوعيـة هـواء جيـدة و ضـوءاً طبيعيـاً وافـراً و درجـات حـرارة مريحـة، حيـث تسـاهم مثـل هـذه المبـاني في صـحة و رفاهيـة شـاغليها و تعمـل أيضـاً علـى تحسـين إنتـاجيتهم و نوعيـة حياتهم بشكل عام.

إن الأسـس النظريـة للعمـارة الخضـراء متنوعـة و متعـددة الأوجـه، و مسـتمدة مـن نسـيج غنـي مـن التخصصـات و الفلسـفات، و مـن بـين هـذه العناصـر، يبـرز مفهـوم العمـارة العاميـة باعتبـاره حجـر الزاويـة، وتشـير الهندسـة المعماريـة العاميـة إلى ممارسـات البنـاء التقليديـة و المـواد الأصـلية في منطقـة معينـة، و

التــي تشــكلت علــى مــدى قــرون لتلبيــة المتطلبــات الفريـــدة للمنـــاخ و الثقافـــة المحليـــة، و مـــن خـــلال فحــص هــذه التقنيــات التــي أثبتــت جــدواها و دمجهــا في التصـــــميم المعاصـــــر، يســـــتطيع المهندســـــون المعمـــــاريون صـــــياغة هياكـــــل ليســـــت مســـــتدامة فحسب، بل متجذرة أيضاً في محيطها.

الهندســة المعماريــة العاميــة هــي مثــال علــى براعــة أســـــلافنا و فهمهـــم العميـــق للعـــالم الطبيعـــي، و تشـــمل مجموعـــة واســـعة مـــن الاســـتراتيجيات و التقنيــات، بــدءاً مــن اســتخدام المــواد مــن مصــادر محليـــة و حتـــى تنفيـــذ أنظمـــة التدفئـــة و التبريـــد الســـلبية، فعلـــى ســـبيل المثـــال، تـــوفر المنـــازل التقليديــة المبنيــة في جنــوب غــرب أمريكــا، بجــدرانها الترابيــة الســميكة، عــزلاً ممتــازاً ضــد حــرارة الصــحراء، و بالمثــل، فــإن المنــازل ذات الركــائز الطويلــة في جنــوب شــرق آســيا مصــممة لتحمــل الفيضــانات المتكــررة و

تسهيل التهوية الطبيعية، و من خلال دمج هذه التقنيات التي تم اختبارها عبر الزمن في التصميم الحديث، يمكن للمهندسين المعماريين إنشاء مباني تتكيف بشكل جيد مع بيئتهم المحلية، و بالتالي تقلل استهلاكهم للطاقة و انبعاثات الكربون، و علاوةً على ذلك، غالباً ما تتمتع هذه المباني بإحساس قوي بالمكان و الهوية، مما يساهم في الثراء الثقافي و الجمالي لبيئتنا المبنية.

الإطار النظري المحوري الآخر في العمارة الخضراء هو التصميم الحيوي، و يسعى هذا المفهوم، الذي يرتكز على الاعتقاد بأن البشر لديهم ارتباط فطري بالطبيعة، إلى دمج عناصر العالم الطبيعي في البيئة المبنية، و يمكن أن يظهر ذلك بطرق مختلفة، مثل استخدام الضوء الطبيعي، و دمج النباتات الداخلية، و الأسطح و الجدران الخضراء.

التصـميم الحيـوي هـو أكثـر مـن مجـرد خيـار جمـالي، و لـه فوائـد ملموسـة لكـل مـن النـاس و الكوكـب علـى حـــد ســـواء، فقـــد أظهـــرت الأبحـــاث أن التعـــرض للطبيعـة يمكـن أن يكـون لـه تـأثير عميـق علـى صـحتنا و رفاهيتنـا، ممـا يقلـل مـن التـوتر، و يحسـن الوظيفـة الإدراكيــة، و يعــزز المــزاج، و مــن خــلال دمــج عناصــر الطبيعــة في مبانينــا، يمكننــا إنشــاء مســاحات بمنــاظر جيـدة و تبعـث علـى الشـعور بالرضـا، و عـلاوةً علـى ذلـك، يمكــن أن يســاهم التصــميم الحيــوي أيضــاً في الأداء البيئـي للمبنـى، فعلـى سـبيل المثـال، يمكـن أن تسـاعد الأسـطح الخضـراء في تقليـل اسـتهلاك الطاقـة مـــن خـــلال تـــوفير العـــزل و تخفيـــف تـــأثير الجـــزر الحراريـــة الحضـــرية، و يمكنهـــا أيضـــاً امتصـــاص ميـــاه الأمطـــار، و تقليـــل جريـــان ميـــاه الأمطـــار ، و تـــوفير موطن للحياة البرية في المناطق الحضرية.

بالإضــافة إلى هــذه الأطــر النظريــة، فقــد تحــول مجــال العمــارة الخضــراء مــن خــلال الابتكــارات الحديثــة في التكنولوجيــا و المــواد، و قــد أدت هــذه التطــورات إلى توســيع إمكانيــات التصــميم المســتدام، ممــا مكــن المهندســين المعمــاريين مــن تجــاوز حــدود مــا هــو ممكــن، و أحــد هــذه الابتكــارات هــو تطــوير أنظمــة الزجــاج عاليــة الأداء، حيــق يمكــن لهــذه الأنظمــة، التــي تشــمل النوافــذ ذات الزجــاج المــزدوج و الــثلاثي، بالإضــافة إلى الطــلاءات و الأغشــية المتقدمــة، أن تقلــل بشــكل كبيــر مــن اســتهلاك الطاقــة في المبنــى عــن طريــق تقليــل فقــدان الحــرارة في الشــتاء و اكتســاب الحــرارة في الصــيف، كمــا يمكنهــا أيضــاً تحقيــق أقصــى اســتفادة مــن اســتخدام الضــوء الطبيعــي، ممــا يقلــل الحاجــة إلى الإضــاءة الاصــطناعية و يعزز البيئة الداخلية.

التطــور المهــم الآخــر هــو اســتخدام المــواد المعــاد تــدويرها و المتجــددة في البنــاء، هــذه المــواد، التــي تتــراوح بــين الخشــب المستصــلح و المعــادن المعــاد تــدويرها إلى العــزل الحيــوي و الأرضــيات المصــنوعة مــن الخيــزران، تــوفر بــديلاً أكثــر اســتدامة لمــواد البنــاء التقليديــة، فهــي تقلــل مــن التــأثير البيئــي للمبنــى و بــل تساهم أيضاً في طابعه الفريد و جماليته.

عــلاوةً علــى ذلــك، فــتح ظهــور التكنولوجيــا الذكيــة آفاقــاً جديــدة للتصــميم المســتدام، حيــث يمكــن للمبــاني الذكيــة، المجهــزة بــأجهزة استشــعار و أنظمــة آليــة، تحســين اســتخدام الطاقــة اســتجابة للظــروف المتغيــرة، مثــل مســتويات الإشــغال و أنمــاط الطقــس، و هــذا يقلــل مــن اســتهلاك الطاقــة و يعــزز أيضــاً راحــة و ملاءمة شاغلي المبنى.

لقــد ولــدت الأزمــة المتصــاعدة للاحتبــاس الحــراري و تغيــر المنــاخ شــعوراً عميقــاً بالإلحــاح في معالجــة الأثــر البيئــي لبيئتنــا المبنيــة، و قــد قوبلــت هــذه الــدعوة العاجلــة للعمــل باســتجابة عالميــة، حيــث قامــت الحكومــات و المنظمــات و الأفــراد علــى حــد ســواء بتنفيــذ مبــادرات و سياســات تهــدف إلى تعزيــز التنميــة المستدامة.

و تعــد البيئــة المبنيــة، و التــي تشــمل جميــع المبــاني و البنيــة التحتيــة التــي نقــوم بتشــييدها، مســاهماً كبيــراً في انبعاثــات غــازات الدفيئــة العالميــة، و وفقــاً للأمــم المتحـــدة، تمثــل المبـــاني و التشـــييدات العمرانيـــة 39% مــن انبعاثــات ثــاني أكســيد الكربــون العالميــة، لـــذلك، فــإن معالجــة الأثــر البيئـــي لبيئتنــا المبنيــة ليســت مجــرد ضــرورة أخلاقيــة فحســب، بــل هــي ضــرورة عمليــة أيضــاً إذا أردنــا التخفيــف مــن أســوأ آثــار تغير المناخ تمر على كوكبنا.

و اســتجابةً لهـذه القضـية الملحـة، تـم وضـع عـدد مـن المبــادرات و السياســات لتعزيــز ممارســات البنــاء المســتدام، و مــن بــين هــذه البــرامج، برنــامج شــهادة LEED (الريــادة في الطاقــة و التصــميم البيئــي) يعــد كمثـال بـارز، حيـث تـم تطـوير LEED مـن قبـل مجلـس المبـاني الخضـراء الأمريكـي، و هـو نظـام تصـنيف يضـع معيــاراً لممارســات البنــاء الصــديقة للبيئــة، و هــي تكــافئ المشــاريع التــي تســتوفي معــايير معينــة في مجـالات مثـل كفـاءة الطاقـة و الحفـاظ علـى الميـاه و اســتخدام المــواد المســتدامة، و تعتبــر عمليــة الحصــول علــى شــهادة LEED صــارمة و تشــمل مجموعــة واســعة مــن تــدابير الاســتدامة، و يشــمل ذلـك اسـتخدام الأنظمـة المـوفرة للطاقـة، مثـل الزجـاج عــالي الأداء و أنظمــة التدفئــة و التهويــة و تكييــف الهــواء، و تنفيــذ اســتراتيجيات الحفــاظ علــى الميــاه، مثــل تجميــع ميــاه الأمطــار و إعــادة تــدوير الميــاه

الرماديـــة، و دمــج المــواد المســتدامة، مثــل الخشــب المستصلح و المعادن المعاد تدويرها.

و مــن خــلال الحصــول علــى شــهادة LEED، يمكــن للمبــاني إثبــات التزامهــا بالاســتدامة و تكــون قــدوة للآخــرين ليتبعوهــا، عــلاوةً علــى ذلــك، فــإن المبــاني الحاصــلة علــى شــهادة LEED غالبــاً مــا تكــون تكــاليف تشــغيلها أقــل، نظــراً لانخفــاض اســتهلاكها للطاقــة و الميــاه، و يمكــن أن يكــون لهــا أســعار إيجــار و بيــع أعلى، نظراً لجاذبيتها المتزايدة في السوق.

بالإضــافة إلى بــرامج الشــهادات مثــل LEED، قامــت العديــد مــن البلــدان أيضــاً بســن سياســات و لــوائح لتحفيــز ممارســات البنــاء الأخضــر، و مــن الممكــن أن تتخــذ هــذه السياســات أشــكالاً مختلفــة، مثــل الحــوافز الضــريبية للمبــاني المــوفرة للطاقــة، و قــوانين البنــاء الخضــراء الإلزاميــة، و التمويــل الحكــومي لمشــاريع

البنيـــة التحتيـــة المســـتدامة، و علـــى ســـبيل المثـــال، يمكـــن للحـــوافز الضـــريبية أن تســـاعد في تعـــويض تكلفـة الاسـتثمار الأوليـة لتنفيـذ تـدابير البنـاء الأخضـر، ممـــا يجعلهـــا أكثـــر جـــدوى مـــن الناحيـــة الماليـــة لأصـحاب المبـاني و المطـورين، و مـن ناحيـة أخـرى، تحـدد قـوانين البنـاء الأخضـر الإلزاميـة الحـد الأدنى مـن المعـايير لـلأداء البيئـي للمبـاني، ممـا يضـمن أن جميـع الإنشـــاءات الجديـــدة تلبـــي مســـتوى معينـــاً مـــن الاستدامة.

و يشـكل التمويـل الحكـومي لمشـاريع البنيـة التحتيـة المســتدامة أداة سياســية مهمــة أخــرى، فمــن خــلال الاســتثمار في مشــاريع مثــل أنظمــة النقــل العــام، و منشـــآت الطاقـــة المتجـــددة، و الأمـــاكن العامـــة الخضـــراء، تســـتطيع الحكومـــات أن تســـاعد في إنشـــاء بنيـة تحتيـة داعمـة للمبـاني الخضـراء و تعزيـز التنميـة المســتدامة علــى نطــاق أوســع، عــلاوةً علــى ذلــك،

قامـت العديـد مـن البلـدان بتنفيـذ حمـلات تثقيفيـة و توعيـة لتعزيـز ممارسـات البنـاء الأخضـر، و تهـدف هـذه الحمـلات، التـي يمكـن أن تسـتهدف المهنيـين و عامـة النـاس، إلى زيـادة فهـم فوائـد المبـاني الخضـراء و إلهـام العمل نحو الاستدامة.

و لا يمكـــن المبالغـــة في تقـــدير دور التعلـــيم في تعزيـــز العمـــارة الخضـــراء. فمـــن خـــلال تزويـــد المهندســـين المعمـــاريين و غيـــرهم مـــن المتخصصـــين في البنـــاء بالمعرفـة و المهـارات اللازمـة لتصـميم و بنـاء المبـاني الخضـراء، يمكننـا ضـمان أن تصـبح الاسـتدامة جـزءاً لا يتجـزأ مـن بيئتنـا المبنيـة، عـلاوةً علـى ذلـك، فمـن خـلال تثقيـف الجمهـور حـول فوائـد المبـاني الخضـراء، يمكننـا تعزيـز ثقافـة الاسـتدامة التـي تقـدر و تـدعم العمارة الخضراء.

كفاءة الطاقة في تصميم المباني

فيمـا كـان العـالم يتصـارع مـع التهديـد الوجـودي المتمثـل في تغيـر المنـاخ، حـدث تحـول ملحـوظ في وعينـا الجمـاعي نحـو الممارسـات المسـتدامة، تجلـى هـذا التحـول النمـوذجي في مختلـف الصـناعات، مـن الزراعـة و التصـنيع إلى الطاقـة و البنـاء، و في مجـال تصـميم المبـاني، ركـز المهندسـون المعمـاريون و المهندسـون بشـكل متزايـد علـى إنشـاء هياكـل تقلـل مـن انبعاثـات الكربـون مـن خـلال تحسـين كفـاءة استخدام الطاقة.

إن السـعي لتحقيـق كفـاءة اسـتخدام الطاقـة في تصـميم المبـاني هـو مسـعى معقـد و يتطلـب نهجـاً شـاملاً يـدمج مجموعـة متنوعـة مـن الاسـتراتيجيات النشـطة و السـلبية، و تشـمل التـدابير اسـتخدام الأنظمـة الميكانيكيـة مثـل التدفئـة و التبريـد و

التهويـة، و تركـز الاسـتراتيجيات السـلبية علـى تسـخير المـوارد الطبيعيـة مثـل ضـوء الشـمس و الريـاح و الطاقـة الحراريـة الأرضـية، و لتحقيـق الاسـتفادة القصـوى و تحقيـق الكفـاءة ، يمكـن أثنـاء التصـميم الأخـذ بعـين الاعتبـار بعـض المبـادئ الأساسـية لتحسين الطاقة.

التوجيـه: يعـد اتجـاه المبنـى جانبـاً أساسـياً للتصـميم المـوفر للطاقـة، فهـو يلعـب دوراً حاسـماً في تحديـد مـدى تعـرض المبنـى للضـوء الطبيعـي و الحـرارة، و بالتـالي اسـتهلاكه للطاقـة، حيـث ينبغـي توجيـه المبـاني لتحقيـق أقصـى قـدر مـن التعـرض للضـوء الطبيعـي و الحـرارة أثنـاء النهـار مـع تقليـل فقـدان الحـرارة أثنـاء الليـل، في المناخـات البـاردة، يجـب أن تواجـه المبـاني الجنـوب بشـكل مثـالي لالتقـاط الإشـعاع الشمسـي،

بينمــا في المناخــات الدافئــة، يجــب أن تواجــه الشــمال لتقليــل اكتســاب الحــرارة، يمكـــن أن يـــؤثر اتجـــاه المبنــى أيضــاً علــى مــدى تــأثره بالريــاح، و التــي يمكــن تســخيرها للتهويــة الطبيعيــة أو اســتخدامها كمصــدر للطاقة المتجددة.

العــزل: العــزل المناســب هــو حجــر الزاويــة في تصــميم المبــاني المــوفرة للطاقــة، فهــو يســاعد في الحفــاظ علــى درجــة حــرارة داخليــة ثابتــة، ممــا يقلــل الحاجــة إلى التدفئــة أو التبريــد المفــرط، و يمكــن للمــواد ذات الأداء الحــراري العــالي، مثــل الأليــاف الزجاجيــة أو الســليلوز، أن تحســن بشــكل كبيــر مــن كفــاءة اســتخدام الطاقــة في المبنـــى، و يجـــب أن يأخـــذ اختيـــار المـــواد العازلـــة أيضـــاً في الاعتبـــار عوامـــل مثـــل تأثيرهـــا البيئـــي، و متانتهــا، و فعاليتهــا مــن حيــث التكلفــة، عــلاوةً علــى ذلــك، فــإن وضــع و تركيــب العــزل أمــر بــالغ الأهميــة لأدائــه، علــى ســبيل المثــال، يمكــن لعــزل ســقف و

جـدران المبنـى أن يقلـل بشـكل كبيـر مـن فقـدان الحـرارة، في حـين أن تركيـب العـزل في الفجـوات و الشقوق يمكن أن يمنع تسرب الهواء.

النوافـذ: تعـد النوافـذ عنصـراً حاسـماً في تصـميم المبـاني المـوفرة للطاقـة، فهـي لا تـوفر الضـوء الطبيعـي و التهويـة فحسـب، بـل تـؤثر أيضـاً علـى اكتسـاب الحـرارة و فقـدانها في المبنـى، يمكـن للنوافـذ عاليـة الأداء، مثـل النوافـذ المزدوجـة أو الثلاثيـة الزجـاج، أن تقلـل مـن فقـدان الحـرارة بنسـبة تصـل إلى 70% مقارنـة بالنوافـذ التقليديـة ذات الجـزء الواحـد، بالإضـافة إلى ذلـك، فـإن اسـتخدام معالجـات النوافـذ مثـل السـتائر أو المظـلات أو الزجـاج يمكـن أن يزيـد مـن تحسـين اكتسـاب الطاقـة الشمسـية و تقليـل فقـدان الحـرارة، يمكـن أن يـؤثر اختيـار مـادة النافـذة و حجمهـا و موضـعها أيضـاً علـى كفـاءة الطاقـة في المبنـى، علـى سـبيل المثـال، يمكـن أن يـؤدي

استخدام الزجاج منخفض الانبعاث إلى تقليل انتقال الحرارة، في حين أن وضع النوافذ على الواجهة المواجهة للجنوب يمكن أن يزيد من اكتساب الطاقة الشمسية في المناخات الباردة.

الإضاءة: يعد تصميم الإضاءة الفعال أمراً ضرورياً لكفاءة الطاقة و رفاهية شاغلي البناء، حيث يمكن أن يقلل بشكل كبير من استهلاك الطاقة في المبنى، و يحسن جاذبيته الجمالية، و يعزز إنتاجية و راحة شاغليه, و تشمل حلول الإضاءة الموفرة للطاقة مصابيح LED و أجهزة استشعار الحركة و مخفتات الإضاءة و أنظمة الإضاءة النهارية التي تستفيد من الضوء الطبيعي، و يمكن أن يؤثر اختيار تركيبات الإضاءة و اللون و الكثافة أيضاً على كفاءة الطاقة في المبنى و جاذبيته الجمالية، على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي استخدام إضاءة المهام إلى تقليل استهلاك الطاقة، في حين أن

استخدام الأضواء ذات الألوان الدافئة يمكن أن يخلق جواً مريحاً و جذاباً.

التهوية: التهوية هي جانب حاسم في تصميم المباني الموفرة للطاقة، فهي لا توفر الهواء النقي و تنظم درجة الحرارة الداخلية فحسب، بل تؤثر أيضاً على استهلاك الطاقة في المبنى، و يمكن لأنظمة التهوية الميكانيكية، مثل المراوح و مكيفات الهواء، أن تحسن بشكل كبير جودة الهواء الداخلي للمبنى، و مع ذلك، يمكنها أيضاً استهلاك كمية كبيرة من الطاقة، يمكن أن توفر استراتيجيات التهوية السلبية، مثل التهوية الطبيعية و التهوية التي تعتمد على الرياح، بديلاً موفراً للطاقة للأنظمة الميكانيكية، و يجب أن يأخذ اختيار نظام التهوية أيضاً في الاعتبار عوامل مثل تأثيره البيئي، و متانته، و فعاليته من حيث التكلفة.

يعــد دمــج مصــادر الطاقــة المتجــددة في تصــميم المبــاني اســتراتيجية فعالــة أخــرى لتعزيــز كفــاءة الطاقــة، و هــذا الــنهج لا يقلــل مــن اعتمادنــا علــى الوقــود الأحفــوري فحســب، بــل يــوفر أيضــاً حــلاً مســتداماً و فعــالاً مــن حيــث التكلفــة لاحتياجاتنــا مــن الطاقــة، و تشــمل بعــض خيــارات الطاقــة المتجــددة الشائعة ما يلي:

الطاقــة الشمســية: الطاقــة الشمســية هــي واحــدة مــن أكثــر مصــادر الطاقــة المتجــددة وفــرة و ســهولة، و يمكــن تســخيرها باســتخدام الألــواح الشمســية، التــي تحــول ضــوء الشــمس إلى كهربــاء يمكــن اســتخدامها لتشــغيل الأنظمــة الكهربائيــة للمبنــى، بالإضــافة إلى ذلــك، يمكــن لاســتراتيجيات الطاقــة الشمســية الســلبية مثــل المــداخن الشمســية أن تســاعد في تدفئــة و إضــاءة المســاحات الداخليــة دون الحاجــة إلى مــدخلات طاقــة إضــافية، علــى ســبيل المثــال، تــم

تصـــميم جــــدران ترومبـــــي لامتصـــاص الإشـــعاع الشمســي أثنــاء النهــار و إطلاقــه في المبنــى لــيلاً، ممــا يــوفر مصــدراً طبيعيــاً للتدفئــة، مــن ناحيــة أخــرى، تســتخدم المــداخن الشمســية الحمــل الحــراري الطبيعــي للهــواء لتهويــة المبنــى، ممــا يــوفر مصــدراً طبيعياً للتبريد.

الريــاح: طاقــة الريــاح هــي مصــدر واعــد آخــر للطاقــة المتجــددة، حيــث يمكــن تركيــب توربينــات الريــاح لتوليــد الكهربــاء مــن طاقــة الريــاح، و مــع ذلــك، فــإن هــذا الخيــار صــالح فقــط في المنــاطق ذات أنمــاط الريــاح المتســقة، و يمكــن أن يــؤثر اختيــار حجــم توربينــات الريــاح و نوعهــا و موضــعها أيضــاً علــى أدائهــا، علــى ســبيل المثــال، يمكــن أن يــؤدي اســتخدام توربينــات الريــاح ذات المحــور العمــودي إلى تقليــل الضوضــاء و التلــوث البصــري، في حــين أن وضــعها

علـى أسـطح المنـازل أو في الأمـاكن المفتوحـة يمكـن أن يزيد من التعرض للرياح.

الطاقـة الحراريـة الأرضـية: الطاقـة الحراريـة الأرضـية هـي مصـدر أقـل شـهرة و لكنـه فعـال للغايـة للطاقـة المتجـددة، و يسـتخدم درجـة حـرارة الأرض الثابتـة لتدفئـة و تبريـد المبـاني، و يتطلـب هـذا النظـام حفـر الآبـار للوصـول إلى حـرارة الأرض، ممـا يجعلـه خيـاراً مكلفـاً، و مـع ذلـك، فهـو يـوفر في التكـاليف علـى المـدى الطويـل مـن خـلال تـوفير التدفئـة و التبريـد مجانـاً، يمكـن أن يـؤثر أيضـاً اختيـار نـوع نظـام الطاقـة الحراريـة الأرضـية، مثـل الحلقـة المغلقـة أو الحلقـة المفتوحـة، علـى أدائـه، علـى سـبيل المثـال، تعتبـر أنظمـة الحلقـة المغلقـة أكثـر كفـاءة و لكنهـا تتطلـب المزيـد مـن الحفـر، في حـين أن أنظمـة الحلقـة المفتوحة أقل كفاءة و لكنها تتطلب حفراً أقل.

لقد أحدث ظهور التقنيات الذكية ثورة في الطريقة التي نصمم بها المباني و نديرها، و توفر هذه التقنيات فرصاً غير مسبوقة لتحسين استهلاك الطاقة و تعزيز راحة شاغلي البناء و تحسين أداء المبنى، و تشمل بعض التقنيات الذكية الواعدة ما يلي:

أنظمة إدارة المباني (BMS): أنظمة إدارة المباني هي أنظمة قائمة على الكمبيوتر تقوم بمراقبة المعدات الميكانيكية و الكهربائية للمبنى و التحكم فيها، مثل التدفئة و التهوية و تكييف الهواء (HVAC) و الإضاءة و أنظمة الأمن التي تستخدم أجهزة الاستشعار و أجهزة تنظيم الحرارة و الأجهزة الأخرى لتحسين استهلاك الطاقة بناءً على الإشغال و الظروف الجوية و تفضيلات المستخدم، على سبيل المثال، يمكن لنظام إدارة المباني ضبط درجة الحرارة و الإضاءة و التهوية للمبنى تلقائياً بناءً

علـى عـدد شـاغليه و الوقـت مـن اليـوم و الظـروف الخارجية.

الشـبكات الذكيـة: الشـبكات الذكيـة هـي شـبكات كهربائيـة تسـتخدم التكنولوجيـا الرقميـة لتحسـين توليـد و توزيـع و اسـتهلاك الكهربـاء، و هـي تسـمح بالاتصـال ثنـائي الاتجـاه بـين الشـبكة و مسـتخدميها، ممـا يتـيح المراقبـة و الـتحكم في اسـتهلاك الطاقـة في الوقـت الفعلـي، علـى سـبيل المثـال، يمكـن للشـبكات الذكيـة ضـبط إنتـاج الطاقـة مـن الألـواح الشمسـية أو توربينـات الريـاح تلقائيـاً بنـاءً علـى الطلـب علـى الكهرباء.

أنظمـة تخـزين الطاقـة: أنظمـة تخـزين الطاقـة هـي الأجهـزة التـي تقـوم بتخـزين الطاقـة الزائـدة لاسـتخدامها لاحقـاً، و يمكـن اسـتخدامها لتحقيـق التـوازن بـين العـرض و الطلـب علـى الكهربـاء، و الحـد

من هدر الطاقة، و تحسين موثوقية و مرونة شبكة الكهرباء، على سبيل المثال، يمكن لأنظمة تخزين الطاقة تخزين الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح الزائدة خلال فترات انخفاض الطلب و إطلاقها خلال فترات ارتفاع الطلب.

إن تحسين الطاقة في تصميم المباني لا يقتصر فقط على الحد من انبعاثات الكربون، إلا أنه يوفر فوائد مالية كبيرة من خلال انخفاض فواتير الخدمات و تحسين قيمة الأصول، و من خلال تبني مبادئ الهندسة المعمارية الخضراء، و دمج مصادر الطاقة المتجددة، و اعتماد التقنيات الذكية، يمكننا إنشاء مساحات معيشة مستدامة تكون مسؤولة بيئياً و قابلة للحياة اقتصادياً، و مع إدراك المزيد من شركات البناء و أصحاب المنازل لأهمية كفاءة استخدام الطاقة، سنشهد بلا شك ارتفاعاً مستمراً في شعبية تصميم المباني الخضراء، و مع ذلك، فإن

التحول إلى تصميم المباني الخضراء لا يخلو من التحديات. فهو يتطلب نقلة نوعية في نهجنا لتصميم المباني، من التركيز على الجماليات و الوظائف إلى التركيز على الاستدامة و الكفاءة، كما يتطلب أيضاً استثماراً كبيراً في البحث و التطوير و التعليم لتعزيز معرفتنا و مهاراتنا في تصميم المباني الخضراء، علاوةً على ذلك، يتطلب الأمر إطاراً تنظيمياً و سياسياً داعماً لتحفيز و تسهيل اعتماد ممارسات الأبنية الخضراء.

و على الرغم من هذه التحديات، فإن فوائد تصميم المباني الخضراء تفوق تكاليفها بكثير، فهو يقدم حلاً عملياً و مستداماً لتحديات الطاقة و البيئة التي نواجهها، كما أنه يوفر فرصة فريدة لإعادة تعريف علاقتنا مع العالم الطبيعي و خلق طريقة حياة أكثر انسجاماً و توازنا، و فيما نواصل التصدي للتهديد الوجودي المتمثل في تغير المناخ، فإن

تصــميم المبــاني الخضــراء يــوفر منــارة أمــل و طريقــاً

نحو مستقبل أكثر استدامة و مرونة.

تقنيات الحفاظ على المياه

علـى الـرغم مـن أن المـاء هـو مـورد أساسـي للحيـاة، إلا إنـه غالبـاً مـا يـتم تجاهـل قيمتـه، و مـع اسـتمرار نمـو سـكان العـالم و تزايـد وضـوح آثـار تغيـر المنـاخ، تبـرز نـدرة الميـاه كقضـية حرجـة في جميـع أنحـاء العـالم، و معهـا تبـرز ضـرورة وضـع اسـتراتيجيات فعالـة للحفـاظ علـى هـذا المـورد الحيـوي، و خاصـة في المنـاطق التـي تنـدر فيهـا الميـاه، و لمواجهـة تحـدي نـدرة الميـاه، يتعـين علينـا أن نعيـد النظـر في نهجنـا في إدارة الميـاه، حيـث لـم تعـد أنظمـة إدارة الميـاه التقليديـة، التـي تعتمـد علـى البنيـة التحتيـة المركزيـة و عمليـات نقـل الميـاه كافيـة، لـذلك، يتعـين علينـا أن نتبنـى أنظمـة لامركزيـة و مسـتدامة و متكاملـة لإدارة الميـاه تكـون قـادرة علـى تلبيـة احتياجاتنـا مـن الميـاه مـع الحفـاظ علـى البيئـة في الوقـت نفسـه، و مـن هـذه الأنظمـة

يمكننا لإقاء الضوء أكثر على تجميع مياه الأمطار و إعادة تدوير المياه الرمادية .

حصاد مياه الأمطار: يعد تجميع مياه الأمطار ممارسة قديمة تم إحياؤها في السنوات الأخيرة كحل مستدام و فعال من حيث التكلفة لندرة المياه، و هو نظام ينطوي على جمع مياه الأمطار و تخزينها لاستخدامها لاحقا، مما يقلل من اعتماد الأسرة على إمدادات المياه من المصادر التقليدية، و يمكن استخدام المياه المجمعة لأغراض مختلفة مثل ري الحدائق و حتى الاستخدامات الداخلية مثل تنظيف المراحيض و غسل الملابس.

يمكن تخصيص أنظمة تجميع مياه الأمطار بناءً على الاحتياجات المحددة و سياق كل مبنى، و عادةً يتم استخدام المزاريب، مواسير التصريف، و صهاريج التخزين في هذا النظام. لذلك، و قبل كل

شـــيئ، يجـــب أن يأخـــذ تصـــميم النظـــام و تركيبـــه في الاعتبـــار عوامـــل مثـــل حجـــم الســـقف و انحـــداره، و كميـــة و تـــواتر هطـــول الأمطـــار، و الاســـتخدام المقصـــود للميـــاه المحصـــودة، و مـــن خـــلال تســـخير قـــوة المطـــر، نســـتطيع الحفـــاظ علـــى الميـــاه و تقليـــل الفيضـــانات و التآكـــل في المنـــاطق الحضـــرية، و عـــلاوةً علـــى ذلـــك، يمكـــن أن يـــوفر تجميـــع ميـــاه الأمطـــار مصـــدراً موثوقـــاً للميـــاه أثنـــاء فتـــرات الجفـــاف و نقـــص الميـــاه، ممـــا يعـــزز قدرة مجتمعاتنا على الصمود.

إعـــادة تـــدوير الميـــاه الرماديـــة: تمثـــل الميـــاه الرماديـــة التـــي تتكـــون مـــن ميـــاه الصـــرف الصـــحي الناتجـــة عـــن أحـــواض الحمامـــات و الاســـتحمام و غســـيل الملابـــس، جـــزءاً كبيـــراً مـــن اســـتخدام الميـــاه الســـكنية، و تســـمح أنظمـــة إعـــادة تـــدوير الميـــاه الرماديـــة لأصـــحاب المنـــازل بالتقـــاط هـــذه الميـــاه و معالجتهـــا و إعـــادة اســـتخدامها في التطبيقـــات غيـــر الصـــالحة للشـــرب مثـــل تنظيـــف

المـراحيض و الـري، و يقلـل هـذا الـنهج مـن الطلـب علـى الميـاه العذبـة و يقلـل مـن كميـة ميـاه الصـرف الصـحي التـي يـتم تصـريفها في شـبكات الصـرف الصـحي، و تعتمـد الأنظمـة السـلبية، مثـل الأنظمـة التـي تعمـل بالجاذبيـة، علـى العمليـات الطبيعيـة لتوزيـع الميـاه، بينمـا تسـتخدم الأنظمـة النشـطة، مثـل الأنظمـة القائمـة علـى المضـخات، مكونـات ميكانيكيـة، و يعتمـد اختيـار النظـام علـى عوامـل مثـل حجـم البنـاء و تصـميمه، و الاسـتخدام المقصـود للمياه المعاد تدويرها، و اللوائح المحلية.

لأنظمـة الميـاه الرماديـة فوائـد عديـدة، فهـي تقلـل مـن الطلـب علـى الميـاه العذبـة، و تقلـل مـن كميـة ميـاه الصـرف الصـحي التـي يـتم تصـريفها في شـبكات الصـرف الصـحي، و نقلـل مـن الطاقـة اللازمـة لمعالجـة وضـخ الميـاه، عـلاوةً علـى ذلـك، يمكـن أن تـوفر مصـدراً للمغـذيات للنباتـات، ممـا يعـزز الإنتاجيـة و

التنــوع البيولــوجي للمنــاظر الطبيعيــة، و مــع ذلــك، فـإن إعـادة تـدوير الميـاه الرماديـة تطـرح أيضـاً بعـض التحـــديات، و تتطلـــب تصـــميماً و صـــيانةً دقيقـــةً لضـمان سـلامة و جـودة الميـاه المعـاد تـدويرها، عـلاوةً علـى ذلـك، فإنهـا تخضـع للـوائح المحليـة، و التـي قـد تختلــف في متطلباتهــا و قيودهــا، لــذلك، مــن المهــم استشـــارة أحـــد المتخصصـــين و الامتثـــال للـــوائح المحليـة عنـد تنفيـذ نظـام إعـادة تـدوير الميـاه الرماديـة .

تلعـــب المنـــاظر الطبيعيـــة دوراً أساســـياً في تعزيـــز الحفـاظ علـى الميـاه، و مـن خـلال تبنـي ممارسـات تنسـيق الحـدائق المسـتدامة، يمكننـا إنشـاء مسـاحات معيشـــة جميلـــة و عمليـــة تتعـــايش بانســـجام مـــع الطبيعـــة، و تســـاهم بعـــض ممارســـات تنســـيق الحدائق المستدامة في الاستخدام الفعال للمياه.

Xeriscaping: فــن البســتنة المائيــة، و هــي فلســفة تنسـيق الحـدائق التــي نشـأت في المنـاطق القاحلـة، حيــث تعتبــر الميــاه مــورداً نــادراً، و تتضــمن اختيــار النباتـات التـي تتطلـب القليـل مـن المـاء بعـد فتـرة إنشــائها الأوليــة، و اختيــار الأنــواع التــي تتحمــل الجفــاف، و بــذلك يمكــن لأصــحاب المبــاني إنشــاء حـدائق جميلـة مـع تقليـل اسـتهلاك الميـاه بشـكل كبير.

إن مبــادئ Xeriscaping متجــذرة في الفهــم العميــق للعــالم الطبيعــي و أنظمتــه، مــن خــلال العمــل مــع الطبيعــة و لــيس ضــدها، و ينطــوي هــذا الــنهج علــى اسـتخدام النباتـات المحليـة، التـي تتكيـف بشـكل جيـد مــع المنــاخ المحلــي و ظــروف التربــة، حيــث أن النباتـات المحليـة لا تتطلـب كميـة أقـل مـن الميـاه فحسـب، بـل تـوفر أيضـاً الغـذاء للحيـاة البريـة المحليـة، ممــا يســاهم في التنــوع البيولــوجي، بالإضــافة إلى

اختيـــار النباتـــات، يؤكـــد أســـلوب Xeriscaping أيضـــاً علـى أهميـة أنظمـة الـري الفعالـة، و تحسـين التربـة، و التغطيـة، و تعمـل هـذه الممارسـات معـاً لإنشـاء منظـر طبيعـــي لا يقتصـــر علـــى الميـــاه فحســـب، بـــل يتميـــز أيضاً بالمرونة و الصحة و الجمال.

التغطيـــة: و هـــي طريقـــة بســـيطة و لكنهـــا فعالـــة للحفـــاظ علـــى الميـــاه في المنـــاظر الطبيعيـــة، و هـــي تنطـــوي علـــى تغطيـــة التربـــة بطبقـــة مـــن المـــواد العضـــوية أو غيـــر العضـــوية، مثـــل رقـــائق اللحـــاء أو القـش أو الحصـى، و تسـاعد التغطيـة في الحفـاظ علـى رطوبـة التربـة عـن طريـق تقليـل التبخـر، كمـا أنهـا تمنـع نمـــو الأعشـــاب الضـــارة التـــي تتنـــافس مـــع النباتـــات علـــى المـــاء و المـــواد المغذيـــة، و تـــوفر المهـــاد العضـــوية، مثـــل رقـــائق اللحـــاء أو الســـماد، فوائـــد إضـــافية، فهـــي تعمـــل علـــى تحســـين خصـــوبة التربـــة بمـــرور الوقـــت، ممـــا يعـــزز صـــحة النبـــات و يقلـــل

الاحتياجـات المائيـة، كمـا أنهـا تـوفر موطنـاً للكائنـات الحيـــة المفيـــدة في التربـــة، مثـــل ديـــدان الأرض و الميكروبـات، و التـــي تســاهم في صــحة التربــة و دورة المغــذيات، و يعتمــد اختيــار المهــاد علــى عوامــل مختلفــة، مثــل نــوع النباتــات و المنــاخ و التفضــيلات الجماليــة لصــاحب المنــزل، علــى ســبيل المثــال، تعــد رقـائق اللحـاء خيـاراً شـائعاً لحـدائق الزينـة، بينمـا غالبـاً مــا يســتخدم القــش في حــدائق الخضــروات، المفتــاح هــو اختيــار المهــاد المناســب للاحتياجــات المحــددة و سياق المناظر الطبيعية.

الــري بــالتنقيط: تفقــد أنظمــة الــرش التقليديــة كميــة كبيـرة مـن المـاء بسـبب التبخـر و الريـاح، و في المقابـل، يقــوم الــري بــالتنقيط بتوصــيل الميــاه مباشــرة إلى جـذور النباتـات مـن خـلال شـبكة مـن الأنابيـب، ممـا يضــمن الاســتخدام الأمثــل لكــل قطــرة، لا تــوفر هــذه الطريقـة الميـاه فحسـب، بـل تقلـل أيضـاً مـن مشـاكل

الأمراض المرتبطة بالإفراط في الري، حيث يتم تقليل الرطوبة الزائدة إلى الحد الأدنى، و يمكن تخصيص أنظمة الري بالتنقيط بناءً على الاحتياجات المحددة و سياق كل منظر طبيعي، و يمكن تصميمها لتوصيل المياه على فترات و معدلات محددة، اعتماداً على نوع النباتات و ظروف التربة و المناخ المحلي، و يسمح هذا المستوى من الدقة باستخدام المياه بكفاءة، و تقليل النفايات و ضمان حصول النباتات على الكمية المناسبة من الماء في الوقت المناسب.

الحدائق المطرية: الحديقة المطرية عبارة عن منخفض ضحل مصمم لالتقاط و تخزين جريان مياه الأمطار من الأسطح غير المنفذة مثل الأسطح و الممرات، بحيث تتسرب المياه المخزنة تدريجياً إلى التربة المحيطة، مما يؤدي إلى إعادة شحن طبقات المياه الجوفية مع تقليل الضغط على

البنية التحتية لإدارة مياه الأمطار ، و هي وسيلة جميلة و عمليّة لإدارة مياه الأمطار ، فهي لا تساعد فقط في الحفاظ على المياه، بل تعمل أيضاً على تحسين جودة المياه عن طريق تصفية الملوثات و الرواسب، علاوةً على ذلك، فهي توفر موطناً للنباتات و الحياة البرية، و تعزز التنوع البيولوجي و تخلق نظاماً بيئياً نابضاً بالحياة.

يجب أن يأخذ تصميم حديقة المطر في الاعتبار عوامل مثل حجم الموقع و انحداره، و نوع التربة، و كمية و تواتر هطول الأمطار، و يمكن دمج النباتات الأصلية في المنطقة في هذه الحدائق، مما يخلق منظراً طبيعياً لا يقتصر على المياه فحسب، بل أيضاً غني بيئياً و ذو معنى ثقافي.

المواد المستدامة

لطالمــا ارتبطــت صــناعة البنــاء و التشــييد بالتــأثيرات البيئيــة الســلبية، مــن اســتخراج المــواد الخــام إلى هــدم المبــاني، كمــا أن عمليــة البنــاء غالبــاً مــا تكــون مليئــة بالأنشــطة التــي تســتهلك كميــات هائلــة مــن الطاقــة، و تولــد نفايــات كبيــرة، و تســاهم في اســتنفاد المــوارد الطبيعيــة، لكــن، و في الســنوات الأخيــرة، كــان هنــاك تركيــز متزايــد علــى الممارســات المســتدامة داخــل هــذا القطــاع، و مــا عــزز هــذا التحــول هــو الــوعي المتزايــد بالقضــايا البيئيــة، إلى جانــب تطــور تفضــيلات المســتهلكين و اللــوائح الصــارمة، و لتســهيل الفهــم الشــامل للأثــر البيئــي للمــواد التــي نســتخدمها، يــتم اســتخدام أدوات مثــل تقيــيم دورة الحيــاة و تحليــل الطاقة المتجسدة.

تقيـــيم دورة الحيـــاة (LCA): هـــو أســـلوب منهجـــي يســتخدم لتقيـيم التـأثير البيئـي للمنتجـات أو الأنظمـة طـوال دورة حياتهـا بأكملهـا، إنـه نهـج مـن المهـد إلى اللحـد يشـمل جميـع مراحـل حيـاة المنـتج، بـدءاً مـن اســتخراج المــواد الخــام و حتــى الــتخلص منهــا، و الهـدف منـه هـو تقليـل البصـمة البيئيـة الشـاملة مـن خـلال تحديـد مجـالات التحسـين و تحسـين العمليـاتن و في ســياق اختيــار المــواد المســتدامة، يعمــل LCA كـأداة قيمـة لاتخـاذ القـرار للمهندسـين المعمـاريين و البنـائين، فهـو يـوفر بيانـات شـاملة حـول الأداء البيئـي لمختلـف المـواد، ممـا يمكّنهـا مـن اتخـاذ خيـارات مسـتنيرة بنـاءً علـى الأدلـة التجريبيـة بـدلاً مـن الحـدس أو التقاليـد، فعلـى سـبيل المثـال، قـد يكشـف تقيـيم دورة الحيـاة أن نوعـاً معينـاً مـن العـزل لـه تـأثير بيئـي أقـل مـن نـوع آخـر، علـى الـرغم مـن كونـه أكثـر تكلفـة أو أقل استخداماً.

الطاقـة المتجسـدة: هـي مفهـوم حاسـم آخـر في تقيـيم المــواد المســتدامة، و تشــير إلى إجمــالي الطاقــة المسـتهلكة خـلال كـل مرحلـة مـن دورة حيـاة المـادة، و يشــمل ذلــك الطاقــة المســتخدمة في اســتخراج المــوارد و معالجتهــا و تصـنيعها و نقلهــا و تركيبهــا و صــيانتها و الــتخلص منهــا، و مــن خــلال النظــر في الطاقــة المتجســدة إلى جانــب LCA، يمكــن لمحتــرفي البنــاء الحصــول علــى فهــم أكثــر شــمولاً للتكلفــة الحقيقية لخياراتهم المادية من حيث التأثير البيئي.

علــى ســبيل المثــال، لننظــر إلى حالــة الفــولاذ و الخشــب، و همــا مادتــان شــائعتان في البنــاء، ففــي حـين أن الفـولاذ يتمتـع بطاقـة مجسـدة أعلـى بسـبب عمليـة التصـنيع التــي تسـتهلك الكثيـر مـن الطاقـة، فهـو أيضـاً متـين للغايـة و قابـل لإعـادة التـدوير، و مـن ناحيـة أخـرى، يتمتـع الخشـب بطاقـة متجسـدة أقـل و لكنـه قـد يتطلـب اسـتبدالاً و صـيانة أكثـر تكـراراً، مـن

خـلال مقارنـة الطاقـة المتجسـدة و LCA لهـذه المـواد، يمكـــن للمهندســين المعمـــاريين و البنـــائين اتخـــاذ قـــرارات مســـتنيرة تـــوازن بـــين الاعتبـــارات البيئيـــة و الاقتصادية و الوظيفية.

و لمعالجـــة مشـــكلة اســـتهلاك المـــواد الخـــام، هنـــاك حركـة متناميـة نحـو الاقتصاد الـدائري، و هـو نظـام يـتم فيــه الاحتفــاظ بــالموارد قيــد الاســتخدام لأطــول فتــرة ممكنـــة، و اســـتخراج أقصـــى قيمـــة منهـــا أثنـــاء الاســـتخدام، ثـــم اســـتعادة المنتجـــات و المـــواد و تجديـــدها في نهايـــة الخدمـــة، و عـــلاوةً علـــى ذلـــك، يشـجع نهـج الاقتصـاد الـدائري أيضـاً علـى اسـتخدام التصـــميمات المعياريـــة و القابلـــة للتكيـــف، و التـــي تســـمح بســـهولة تفكيـــك مكونـــات المبنـــى و إعـــادة اسـتخدامها، و هـذا لا يقلـل مـن النفايـات فحسـب، بـل يطيـل أيضـاً العمـر الإنتـاجي للمـواد، ممـا يقلـل مـن تأثيرهـا البيئـي، كمـا ظهـرت العديـد مـن مـواد البنـاء

البديلة كخيارات قابلة للتطبيق لتقليل البصمة الكربونية لعمليات البناء و تصنيع المواد، و لا تساهم هذه المواد في خفض الطاقة المتجسدة فحسب، بل تعزز أيضاً الاستخدام الفعال للموارد و مبادئ الاقتصاد الدائري.

و قد حفز السعي إلى البناء المستدام على تطوير مواد بناء بديلة، هذه المواد، التي تتراوح بين المركبات الحيوية إلى الركام المعاد تدويره، و التي توفر بديلاً أكثر صداقة للبيئة من المواد التقليدية، و إحدى هذه المواد هي الخشب المصفح (CLT)، و هو نوع من المنتجات الخشبية الهندسية المصنوعة من طبقات من الخشب الملتصق ببعضها البعض بزوايا قائمة، و هو ليس قوياً و متعدد الاستخدامات فحسب، بل يتمتع أيضاً بطاقة مجسدة أقل من الخرسانة أو الفولاذ، علاوةً على ذلك، يتم الحصول عليه من الغابات

المتجـددة، ممـا يجعلـه خيـاراً مسـتداماً للتطبيقـات الهيكلية.

أمـا البـديل الواعـد الآخـر فهـو الخيـزران، و هـو عشـب سـريع النمـو ذو خصـائص ميكانيكيـة رائعـة، و يتمتـع بنسـبة قـوة إلى وزن أعلـى مـن الفـولاذ، ممـا يجعلـه مـادة مثاليـة للهياكـل خفيفـة الـوزن، كمـا أنـه متجـدد للغايـة، حيـث تنمـو بعـض الأنـواع بمعـدل يصـل إلى متـر يوميـاً، و يمكـن اسـتخدام الخيـزران لمجموعـة واسـعة مـن التطبيقـات، مـن الأرضـيات و الأثـاث إلى المكونـات الهيكليـة مثـل ألـواح الجـدران و أنظمـة الأسـقف، فخصائصـه الفريـدة تجعلـه مثاليـاً للتطبيقـات الداخليـة و الخارجيـة، علـى سـبيل المثـال، أرضـيات الخيـزران ليسـت فقـط جذابـة مـن الناحيـة الجماليـة و لكنهـا أيضـاً متينـة للغايـة و مقاومـة للرطوبـة، و عـلاوةً علـى ذلـك، فـإن الخيـزران مـادة سـلبية الكربـون، ممـا يعنـي أنـه يمـتص ثـاني أكسـيد

الكربون أثناء نموه أكثر مما ينبعث أثناء حصاده و معالجته، و هذا يجعله أداة قيمة في مكافحة تغير المناخ.

كما تعتبر الكتل الأرضية المضغوطة (CEBs) بديلاً صديقاً للبيئة لوحدات البناء الخرسانية التقليدية، حيث يتم تصنيعها عن طريق ضغط خليط من التربة و الرمل والحصى، مما يقلل من الحاجة إلى الأسمنت، كما توفر ألواح CEB كتلة حرارية ممتازة، مما يجعلها مثالية لاستراتيجيات التدفئة و التبريد السلبية، كما أنها مقاومة للغاية للحرائق و النشاط الزلزالي، و لها خصائص عزل صوتية جيدة، هذه الصفات تجعل ألواح CEB مناسبة لمجموعة واسعة من تطبيقات البناء، من المباني السكنية إلى المباني التجارية.

و بالإضـــافة إلى هـــذه المـــواد الطبيعيـــة، هنـــاك أيضـــاً بـــدائل صـــناعية مصـــنوعة مـــن النفايـــات المعـــاد تـــدويرها، علـــى ســـبيل المثـــال، يعـــد الخشـــب البلاســـتيكي المعـــاد تـــدويره بـــديلاً متينـــاً و مـــنخفض الصـــيانة للخشـــب التقليـــدي، و هـــو مصـــنوع مـــن النفايـــات البلاســـتيكية بعـــد الاســـتهلاك، مثـــل أبـــاريق الحليـــب و أكيـــاس التســـوق التـــي يـــتم تحويلهـــا مـــن مـــدافن النفايـــات، و يســـاعد اســـتخدام المحتـــوى المعـــاد تـــدويره في البنـــاء علـــى تحويـــل النفايـــات مـــن مـدافن النفايـات مـع تقليـل الحاجـة إلى المـواد الخـام، و تشـــمل الأمثلـــة الشـــائعة الخشـــب المستصـــلح و الصـــلب و الزجـــاج و البلاســـتيك، و يمكـــن اســـتخدام هـــذه المـــواد بطـــرق مختلفـــة، كمـــا هـــو الحـــال في الأرضـــيات، و تكســـية الجـــدران، أو العناصـــر الزخرفيـــة، عـــلاوةً علـــى ذلـــك، تتخصـــص بعـــض الشـــركات في إنشـاء منتجـات جديـدة مـن مـواد مُعـاد تـدويرها، علـى

سبيل المثال، يمكن استخدام الألواح المركبة المصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره في الكسوة الخارجية و الأسوار و التزيين، و لا تقلل هذه المنتجات من النفايات فحسب، بل تقدم أيضاً أداءً فائقاً مقارنة بنظيراتها.

و لا يتم تحديد التأثير البيئي لمواد البناء من خلال عملية الإنتاج فحسب، بل أيضاً من خلال النقل، فكلما زادت مسافة انتقال المادة، زاد استهلاك الطاقة و انبعاث الغازات الدفيئة، و لذلك، فإن المصادر المحلية هي استراتيجية رئيسية في اختيار المواد المستدامة، و تتضمن المصادر المحلية شراء المواد من مصادر قريبة، مما يقلل الحاجة إلى النقل لمسافات طويلة، و هذا لا يقلل من الطاقة المتجسدة للمواد فحسب، بل يدعم أيضاً الاقتصادات المحلية و يحافظ على الهوية الإقليمية، فعلى سبيل المثال، فإن استخدام الحجارة

المســتخرجة محليــاً أو الأخشــاب المستصــلحة لا يقلــل
مــن انبعاثــات وســائل النقــل فحســب، بــل يعــزز أيضــاً
الطابع الفريد للمناظر الطبيعية المحلية.

و مــع ذلــك، فــإن المصــادر المحليــة ليســت دائمــاً
ممكنــة أو مرغوبــة، و قــد لا تكــون بعــض المــواد متاحــة
محليــاً، أو قــد يكــون لاســتخراجها آثــار بيئيــة كبيــرة، في
مثــــل هــــذه الحــــالات، يجــــب علــــى المهندســــين
المعمــاريين و البنــائين أن يوازنــوا بــين فوائــد المصــادر
المحلية و اعتبارات الاستدامة الأخرى.

إن الانتقــال نحــو البنــاء المســتدام لــيس عمليــة بســيطة
أو مباشــرة، فهــو يتطلــب جهــوداً متضــافرة مــن جميــع
قطاعــات المجتمــع، مــن الحكومــات و الشــركات إلى
الأفــراد و المجتمعــات، و يتطلــب تحــولاً جوهريــاً في
قيمنــا و أولوياتنــا، مــن التركيــز علــى المكاســب
القصــيرة الأجــل إلى الالتــزام بالاســتدامة الطويلــة

الأجـل، و يلعـب التعلـيم دوراً حاسـماً في هـذا التحـول، و مـن خـلال تزويـد المهندسـين المعمـاريين و غيـرهم مـــن المتخصصـــين في البنـــاء بالمعرفـــة و المهـــارات اللازمـــة لتصـــميم و بنـــاء المبـــاني المســـتدامة، يمكننـــا ضـمان أن تصـبح الاسـتدامة جـزءاً لا يتجـزأ مـن بيئتنـا المبنيـــة، عـــلاوةً علـــى ذلـــك، فمـــن خـــلال تثقيـــف الجمهـور حـول فوائـد البنـاء المسـتدام، يمكننـا تعزيـز ثقافـــة الاســـتدامة التـــي تقـــدر المبـــاني الخضـــراء و تدعمها.

البيئة الداخلية

ركـــزت الهندســـة المعماريـــة علـــى إنشـــاء مســـاحات وظيفيـــة، لكنهـــا تشـــهد الآن تحـــولاً نموذجيـــاً نحـــو تصـــميم بيئـــات داخليـــة أكثـــر صـــحة و تعـــزز رفاهيـــة الإنســـان، إن التحـــول نحـــو العمـــارة الخضـــراء لا يعطـــي الأولويـــة لكفـــاءة الطاقـــة و الاســـتدامة فحســـب، بـــل يأخـذ في الاعتبـار أيضـاً كيفيـة تـأثير المسـاحات الماديـة علـــى صـــحة شـــاغليها و إنتـــاجيتهم و نوعيـــة حيـــاتهم بشكل عام.

البيوفيليـا: و هـو مفهـوم يعنـي "حـب الحيـاة"، يُعنـى بـربط الإنســان بالطبيعــة مــن خــلال التصــميم، و هــو يقـوم علـى فرضـية أن البشـر لـديهم رغبـة فطريـة في التواصـل مـع الطبيعـة، و هـي الرغبـة التـي تشـكلت عبـر ملايـين السـنين مـن التطـور، و في سـياق الهندسـة المعماريـة، يتضـمن التصـميم الحيـوي دمـج العناصـر

الطبيعيـــة، مثـــل ضـــوء النهـــار، و منـــاظر الطبيعـــة، و المــواد الطبيعيــة، لخلــق بيئــات داخليــة أكثــر صــحة و إنتاجيــة، حيــث تظهــر الأبحــاث أن التعــرض للطبيعــة يحســـن الصـــحة العقليـــة، و يقلـــل مـــن مســـتويات التـــوتر، و يعـــزز الإبـــداع و الأداء المعـــرفي، و مـــن خـــلال دمـــج مبـــادئ التصـــميم الحيـــوي في مبانينـــا، يمكننـــا إنشـــــاء مســـــاحات لا تلبـــــي احتياجاتنـــــا الوظيفيـــــة فحسب، بل تغذي أيضاً عقولنا و أجسادنا.

الضـــوء الطبيعـــي: لقـــد ثبـــت أن زيـــادة الوصـــول إلى الضــوء الطبيعــي و تــوفير المنــاظر الخارجيــة يــؤدي إلى تحســـين الحالـــة المزاجيـــة و زيـــادة الإنتاجيـــة و تقليـــل إجهـــاد العـــين، و مـــن خـــلال وضـــع النوافـــذ بشـــكل اســـتراتيجي و اســـتخدام المنـــاور أو الأفنيـــة، يمكـــن للمهندســـين المعمـــاريين إدخـــال ضـــوء النهـــار بشـــكل وافـــر إلى المســـاحات الداخليـــة مـــع تقليـــل اكتســـاب الحـــرارة و الـــوهج، إن ضـــوء النهـــار لا يقلـــل فقـــط مـــن

الحاجـــة إلى الإضـــاءة الاصـــطناعية، و بالتـــالي تـــوفير الطاقــة، و لكنــه يخلــق أيضــاً بيئــة ديناميكيــة و محفــزة بصــرياً، و تــوفر الأنمــاط المتغيــرة للضــوء و الظــل علــى مــدار اليــوم إحساســاً بالارتبــاط بالعــالم الطبيعــي، ممــا يعزز رفاهية شاغلي البناء.

المــواد الطبيعيــة: إن اســتخدام المــواد الطبيعيــة مثــل الخشـــب و الحجـــر و النباتـــات داخـــل التصـــميمات الداخليــة يخلــق ارتباطــاً أقــوى بالطبيعــة، لا تبــدو هــذه المـــواد جميلـــة مـــن الناحيـــة الجماليـــة فحســـب، بـــل تعمــل أيضــاً علــى تحســين جــودة الهــواء عــن طريــق امتصــاص ثــاني أكســيد الكربــون و إطــلاق الأكســجين، بالإضـــافة إلى ذلـــك، فهـــي تـــوفر تنوعـــاً ملموســـاً و اهتمامــاً بصــرياً، ممــا يعــزز تجربــة القــاطنين بشــكل عــام، كمــا تتمتــع المــواد الطبيعيــة أيضــاً بطــابع فريــد و دفء لا يمكـــن تقليـــده بالبـــدائل الاصـــطناعية، حيـــث تعكس قصة أصله البشرية، و تطورها، و تحولها.

المساحات الخضراء الداخلية: يؤدي دمج النباتات في التصميمات الداخلية، المعروف باسم التصميم الحيوي، إلى تحسين جودة الهواء، و توفير بيئة هادئة، و تعزيز الرفاهية، حيث تساعد النباتات على تنقية الهواء عن طريق إزالة الملوثات مثل المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) و توليد الأكسجين، كما أنها تعمل كمرطبات طبيعية، حيث تنظم مستويات الرطوبة في المناخات الجافة، علاوةً على ذلك، فإن للنباتات تأثير مهدئ على العقل البشري، حيث أنها توفر الشعور بالصفاء و الهدوء، و الحد من التوتر و القلق، و من خلال دمج النباتات في مبانينا، يمكننا إنشاء مساحات لا تبدو جميلة فحسب، بل تعزز أيضاً الصحة العقلية و الرفاهية.

إن المواد التي نستخدمها في مبانينا لها تأثير عميق على صحتنا، و غالباً ما تحتوي مواد البناء التقليدية، مثل الدهانات و المواد اللاصقة و السجاد، على

مـواد كيميائيـة ضـارة يمكـن أن تطلـق الغـازات إلى البيئـة الداخليـة، ممـا يضـر بجـودة الهـواء و صـحة الإنسـان، و لمعالجـة هـذه المشـكلة، هنـاك اتجـاه متزايـد نحـو اسـتخدام مـواد البنـاء غيـر السـامة، حيـث تـوفر هـذه المـواد، التـي تتـراوح بـين التشـطيبات الطبيعيـة و منتجـات المـواد المعـاد تـدويرها، بـديلاً أكثر أماناً و صحة للمواد التقليدية.

التشـطيبات الطبيعيـة: تـوفر التشـطيبات الطبيعيـة، مثـل الجـص الجيـري و الطـلاء الطينـي و تلميـع شـمع العسـل، بـديلاً مسـتداماً و غيـر سـام للتشـطيبات التقليديـة، هـذه المـواد ليسـت جميلـة فحسـب، بـل أيضـاً قابلـة للتـنفس، ممـا يسـمح للرطوبـة بـالمرور عبرهـا و تمنـع نمـو العفـن، عـلاوةً علـى ذلـك، فـإن التشـطيبات الطبيعيـة تحتـوي علـى نسـبة منخفضـة مـن المركبـات العضـوية المتطـايرة، ممـا يقلـل مـن خطـر إطـلاق الغـازات و يحسـن جـودة الهـواء الـداخلي،

كمـا أنهـا تتمتـع بجـودة جماليـة فريـدة مـن نوعهـا، مـع اختلافــات دقيقــة في اللــون و الملمــس ممــا يضــيف عمقاً و شخصية إلى المساحة.

المـواد المعـاد تـدويرها: تـوفر منتجـات المـواد المعـاد تــدويره، مثــل الخشــب و المعــادن و الزجــاج المعــاد تـدويره، بـديلاً مسـتداماً و غيـر سـام للمـواد الخـام، و لا تقلـل هـذه المـواد مـن النفايـات فحسـب، بـل تحـافظ أيضــاً علــى المــوارد الطبيعيــة والطاقــة، عــلاوةً علــى ذلـك، غالبـاً مـا تتمتـع بشخصـية و تـاريخ فريـدين، ممـا يضيف إحساساً بالسرد و المعنى إلى المكان.

إن التحــول نحــو العمــارة الخضــراء لا يقتصــر فقــط علـى الحـد مـن التـأثير البيئـي، بـل يتعلـق الأمـر أيضـاً بتعزيـز رفاهيـة الإنسـان، و هـذا يتطلـب نهـج تصـميم يتمحـور حـول الإنسـان، و يعطـي الأولويـة لاحتياجـات و تفضيلات شاغلي المبنى.

بيئة العمل: بيئة العمل هي علم تصميم المساحات و الأشياء التي تناسب جسم الإنسان و حركاته، و ينطوي على النظر في عوامل مثل الموقف، و الوصول، و خطوط الرؤية لإنشاء مساحات مريحة و فعالة، من خلال دمج المبادئ المريحة في مبانينا، يمكننا إنشاء مساحات تبدو جيدة، و تدعم صحتنا الجسدية و رفاهيتنا، مما يسمح لنا بتقديم أفضل ما لدينا.

الصوتيات: هو علم الصوت و سلوكه في الأماكن المغلقة، و يتضمن ذلك مراعاة عوامل مثل الصدى و الامتصاص و النقل لإنشاء مساحات تتمتع بجودة صوت مثالية، ومن خلال دمج المبادئ الصوتية في مبانينا، يمكننا إنشاء مساحات توفر إحساساً بالهدوء و الوضوح، مما يسمح لنا بالتركيز و التواصل بشكل فعال.

البيئة المحيطة

ركـــزت الهندســـة المعماريـــة الخضـــراء علـــى إنشـــاء مبـــاني مســـتدامة و مـــوفرة للطاقـــة، تقلـــل مـــن تأثيرهـــا البيئـــي و تتكيـــف أيضـــاً مـــع البيئـــة المحيطـــة و تنســـجم معهـــا، و يســـعى هـــذا التحـــول نحـــو التصـــميم المنـــاخي الحيـــوي إلى إنشـــاء مبـــاني مرنـــة و مســـتجيبة لتحـــديات المنـــاخ المتغيـــر مـــن خلاخـــل اســـتراتيجيات التصـــميم المنـــاخي الحيـــوي، و التخضـــير الحضـــري، و تحقيـــق التوازن بين الجماليات و الحساسية البيئية.

التصـــميم المنـــاخي الحيـــوي هـــو نهـــج في الهندســـة المعماريـــة يســـعى إلى إنشـــاء مبـــاني تتكيـــف مـــع مناخاتهـــا المحـــددة، و ذلـــك باســـتخدام اســـتراتيجيات ســـلبية للحفـــاظ علـــى الراحـــة الحراريـــة مـــع الحـــد الأدنى مـــن اســـتهلاك الطاقـــة، و هـــو يعتمـــد علـــى فرضـــية مفادهـــا أن المبـــاني يجـــب أن تعمـــل مـــع البيئـــة

الطبيعيـة و لـيس ضـدها، و مـن خـلال القيـام بـذلك، يمكـن تقليـل تـأثيرهم البيئـي و أيضـاً تعزيـز قـدرتهم علـى مواجهـة تحـديات المنـاخ المتغيـر، و يتضـمن هـذا الـنهج تحليـل أنمـاط الطقـس المحليـة، و التوجـه الشمســي، و أنمــاط الريــاح لتحســين أداء المبنــى، و مـن خـلال فهـم الخصـائص الفريـدة للموقـع، يمكـن للمهندســين المعمــاريين تصــميم المبــاني التـــي تسـتجيب للقـوى الطبيعيـة المـؤثرة و تسـتغلها، ممـا يخلق مساحات مريحة و أيضاً مستدامة و مرنة.

إن توجيــه المبنــى بشــكل صــحيح لتحقيــق أقصــى قـدر مـن التعـرض لأشـعة الشـمس المباشـرة خـلال أشـهر الشـتاء مـع تقليلـه خـلال فصـل الصـيف يسـاعد في تنظـيم درجـات الحـرارة الداخليـة، و تتضـمن هـذه الإســتراتيجية، المعروفــة باســم التوجــه الشمســي، تحديـد موقـع المبنـى و فتحاتـه للاسـتفادة مـن مسـار الشـمس طـوال العـام، ففـي نصـف الكـرة الشـمالي،

على سبيل المثال، يجب أن تواجه المباني الجنوب بشكل مثالي لالتقاط الإشعاع الشمسي خلال فصل الشتاء، عندما تكون الشمس منخفضة في السماء، و في المقابل، خلال فصل الصيف، عندما تكون الشمس مرتفعة في السماء، يجب تصميم المباني لتوفير الظل و تقليل اكتساب الحرارة، و من خلال تسخير قوة الشمس، يمكن للمهندسين المعماريين إنشاء مباني تقلل من استهلاك الطاقة و تعزز أيضاً مرونتها في مواجهة تحديات المناخ المتغير.

كما أن تصميم المباني بأنظمة تهوية طبيعية يسمح بتبريد فعال دون اللجوء إلى وحدات تكييف الهواء كثيفة الاستهلاك للطاقة، و تتضمن هذه الإستراتيجية، المعروفة باسم التبريد السلبي، استخدام القوى الطبيعية للرياح و درجة الحرارة لتبريد المبنى، و من خلال وضع النوافذ و فتحات

التهويـــة بشـــكل اســـتراتيجي، يمكـــن للمهندســـين المعمـاريين إنشـاء تـدفق متقـاطع للهـواء يعمـل علـى تبريـد المسـاحات الداخليـة، و يمكـنهم أيضـاً اسـتخدام الكتلـــة الحراريـــة، مثـــل الخرســـانة أو الطـــوب، لامتصـاص الحـرارة أثنـاء النهـار و إطلاقهـا أثنـاء الليـل، ممـا يـوفر تـأثيراً طبيعيـاً للتبريـد، عـلاوةً علـى ذلـك، فـإن التبريـد السـلبي لا يقلـل مـن اسـتهلاك الطاقـة فحســب، بــل يعــزز أيضــاً جــودة الهــواء الــداخلي و الراحــة، و مــن خــلال تســخير قــوة الطبيعــة، يمكــن للمهندسين المعماريين إنشاء مباني تشعر بالرضا.

إن دمـــج عناصـــر مثـــل الشـــرفات أو التعريشـــات أو الحـدائق العموديـة يـوفر الظـل مـن أشـعة الشـمس المباشـرة، ممـا يقلـل مـن اكتسـاب الحـرارة و الـوهج داخـــل التصـــميمات الداخليـــة، و تتضـــمن هـــذه الإســـتراتيجية، المعروفـــة باســـم التظليـــل الشمســـي، اســـتخدام عناصـــر معماريـــة للـــتحكم في كميـــة ضـــوء

الشـــمس التـــي تــدخل المبنـــى، فتصـــبح المســـاحات تعمــل بشــكل جيــد و مــريح و تكــون محفــزة بصــرياً، مــع أنمــاط متغيــرة مــن الضــوء و الظــل طــوال اليــوم، عــلاوةً علــى ذلــك، فــإن التظليــل الشمســي يقلــل مــن اســتهلاك الطاقــة و يعــزز أيضــاً متانــة مــواد البنــاء، و يحميهـــا مـــن التـــأثيرات الضـــارة لأشـــعة الشـــمس المباشرة.

أمــا جمــع ميــاه الأمطــار لاســتخدامها لاحقــاً فهــو يقلــل مــن العــبء الواقــع علــى شــبكات إمــدادات الميــاه و يعـــزز الحفـــاظ علـــى الميـــاه في المنـــاطق المعرضـــة للجفــاف أو نــدرة الميــاه، و تتضــمن هــذه الإســتراتيجية، المعروفــة باســم حصــاد ميــاه الأمطــار، احتجــاز ميــاه الأمطــار و تخزينهــا لاســتخدامها لاحقــاً، ممــا يســمح للمبــاني بــأن تعمــل بشــكل جيــد، حتــى في مواجهــة ندرة المياه.

التخضـــير الحضـــري هـــو ممارســـة دمـــج النباتـــات و المســـاحات الخضـــراء في البيئـــة الحضـــرية، و يتضـــمن إنشـــاء المتنزهـــات و الحـــدائق و الأســـطح الخضـــراء و الجـــدران الخضـــراء، بالإضـــافة إلى زراعـــة الأشـــجار و النباتـــات الأخـــرى علـــى طـــول الشـــوارع و الأمـــاكن العامـــة، ممـــا يـــؤدي إلى تعزيـــز المظهـــر الجمـــالي للمـــدن و يـــوفر العديـــد مـــن الفوائـــد البيئيـــة والاجتماعيـــة و الاقتصـــادية، فهـــو يحســـن نوعيـــة الهـــواء، و يقلـــل مـــن تـــأثير الجـــزر الحراريـــة الحضـــرية، و يعـــزز التنـــوع البيولـــوجي، و يعـــزز الصـــحة العقليـــة و الرفاهيـــة، عـــلاوةً علـــى ذلـــك، فـــإن تخضـــير المنـــاطق الحضـــرية يخفـــف مـــن آثـــار تغيـــر المنـــاخ و يعـــزز أيضـــاً قـــدرة المـــدن علـــى مواجهـــة تحدياتـــه، فهـــو يخلـــق مســـاحات تبـــدو جميلـــة و تعمـــل أيضـــاً بشـــكل جيـــد، حتـــى في مواجهـــة الأحـــداث الجوية القاسية.

إن التحـــول نحـــو العمـــارة الخضـــراء لا يقتصـــر فقـــط علـى الحـد مـن التـأثير البيئـي، بـل يتعلـق الأمـر أيضـاً بتعزيــز رفاهيــة الإنســان، و هــذا يتطلــب توازنــاً دقيقــاً بــين الجماليــات و الحساســية البيئيــة، و هــو التــوازن الـــذي يعطـــي الأولويـــة لاحتياجـــات و تفضـــيلات شاغلي المبنى مع احترام البيئة الطبيعية.

الشـكل يتبـع الوظيفـة: هـذا المبـدأ هـو مبـدأ أساسـي في العمــارة الحداثيــة، و يــنص علــى أن شــكل المبنــى يجــب أن يعتمــد علــى وظيفتــه أو غرضــه المقصــود، في سـياق العمـارة الخضـراء، يمكـن تفسـير هـذا المبـدأ علـى أنـه حاجـة المبـاني لـيس فقـط إلى المظهـر الجيـد و لكـــن أيضـــاً إلى الأداء الجيـــد، و مـــن خـــلال إعطـــاء الأولويــة للوظيفــة علــى الشــكل، يمكــن للمهندســين المعمــاريين إنشــاء المبــاني التــي لا تلبــي احتياجاتنــا الوظيفيــة فحســب، بــل تعــزز أيضــاً صــحتنا و رفاهيتنــا،

و يمكـــنهم مـــن إنشـــاء مبـــاني تبـــدو جميلـــة، و تعمـــل أيضاً بشكل جيد، مع الحد الأدنى من التأثير البيئي.

التصــميم الحيــوي: هــو نهــج في الهندســة المعماريــة يســعى إلى ربــط البشــر بالطبيعــة مــن خــلال التصــميم، و هــو ينطــوي علــى دمــج العناصــر الطبيعيــة، مثــل ضــوء النهــار، و منــاظر الطبيعــة، و المــواد الطبيعيــة، لخلــق بيئــات داخليــة أكثــر صــحة و إنتاجيــة، مــن خــلال دمــج مبــادئ التصــميم الحيــوي في مبانينـــا، يمكننـــا إنشــاء مســاحات تعــزز الصــحة العقليــة و الرفاهيــة، و يمكننـــا مـــن إنشـــاء مســـاحات تربطنـــا بالعـــالم الطبيعي، و ببعضنا البعض، و بأنفسنا.

إدارة المخلفات

تحقيــق الاســتدامة في البنــاء يتطلــب بــذل جهــود متضــافرة لتقليــل النفايــات، و هــو ضــرورة أخلاقيــة و عمليــة في آن واحــد، و يتطلــب اتبــاع نهــج شــمولي يشـمل جميـع مراحـل عمليـة البنـاء، مـن التصـميم إلى الهدم.

و يعـد إجـراء عمليـات التـدقيق قبـل بـدء البنـاء خطـوة أولى حاســمة في الرحلــة نحــو تقليــل النفايــات، و تسـاعد عمليـات التـدقيق التـي تتضـمن تحـليلاً شـاملاً لمشـروع البنـاء المقتـرح، في تحديـد تـدفقات النفايـات المحتملــة و تطــوير اســتراتيجيات التخفــيض المســتهدفة، و مــن خــلال توقــع النفايــات، يمكــن للمهندســين المعمــاريين و البنــائين اتخــاذ قــرارات مســتنيرة بشــأن اختيــار المــواد، و طــرق البنــاء، و

أنظمـــة إدارة النفايـــات، و بالتـــالي تقليـــل النفايـــات و تعزيز الاستدامة.

اختيـــار المـــواد: يعـــد اختيـــار المـــواد ذات الطاقـــة المنخفضـــة و المتانـــة العاليـــة و المحتـــوى المعـــاد تـــدويره بمثابـــة اســـتراتيجية قويـــة لتقليـــل النفايـــات و تعزيـــز الاســـتدامة، حيـــث تشـــير الطاقـــة المتجســـدة إلى إجمـــالي الطاقـــة المســـتهلكة خـــلال دورة حيـــاة المـــادة بأكملهـــا، بـــدءاً مـــن الاســـتخراج و المعالجـــة و حتـــى النقـــل و الـــتخلص، و مـــن خـــلال اختيـــار المـــواد ذات الطاقـــة المنخفضـــة، يمكـــن للمهندســـين المعمـــاريين و البنـــائين تقليـــل التـــأثير البيئـــي لمشـــاريعهم بشـــكل كبيـــر، عـــلاوةً علـــى ذلـــك، فـــإن اختيـــار المـــواد ذات المتانـــة العاليـــة و المحتـــوى المعـــاد تـــدويره لا يقلـــل مـــن النفايـــات فحســـب، بـــل يعـــزز أيضـــاً مرونـــة و اســـتدامة البيئـــة المبنيـــة، حيـــث إن هـــذه المـــواد، المصـــممة لتتحمـــل اختبـــار الـــزمن و يمكـــن إعـــادة

اســـتخدامها أو إعـــادة تـــدويرها في نهايـــة عمرهـــا الافتراضي، و تمثل استثماراً حكيماً في المستقبل.

الفــرز و إعــادة التــدوير في الموقــع: يســمح تنفيــذ أنظمــة الفــرز في الموقــع للمــواد مثــل الخشــب و المعــادن و البلاســتيك بإعــادة التــدوير أو إعــادة الاسـتخدام بكفـاءة، هـذا الـنهج، الـذي يتضـمن فصـل النفايـات إلى فئـات مختلفـة بنـاءً علـى إمكانيـة إعـادة اسـتخدامها أو إعـادة تـدويرها، يقلـل النفايـات و يعـزز كفـــاءة عمليـــة البنـــاء، و مـــن خـــلال تبســـيط إدارة النفايـات، يمكـن تـوفير الوقـت و المـال و المـوارد، مـع تعزيز الاستدامة أيضاً.

التصـميم المعيـاري: يتـيح تصـميم المبـاني بمكونـات معياريـة سـهولة التفكيـك و إعـادة الاسـتخدام و إعـادة التـــدوير، و بالتـــالي تقليـــل النفايـــات، و يتضـــمن هـــذا الـــنهج، الـــذي يعتمـــد علـــى مبـــدأ "الشـــكل يتبـــع

الوظيفـــة"، إنشـــاء مبـــاني ليســـت فقـــط جذابـــة مـــن الناحيـــة الجماليـــة و لكنهـــا أيضـــاً عمليـــة و قابلـــة للتكيـف، مـن خـلال التصـميم مـع مراعـاة البسـاطة و المرونـــة، يمكـــن إنشـــاء مســـاحات تلبـــي احتياجاتنـــا الوظيفيـــة و تتكيـــف أيضـــاً مـــع ظروفنـــا المتغيـــرة، و بالتالي تقليل النفايات و تعزيز الاستدامة.

الهـــدم مقابـــل التفكيـــك: يتضـــمن تفكيـــك هيكـــل بشـكل انتقـائي لاسـتعادة المـواد القيمـة، ممـا يتسـبب في تقليـل النفايـات و الأثـر البيئـي مقارنـة بطـرق الهـدم التقليديـــة، و يســـعى هـــذا الـــنهج إلى الحفـــاظ علـــى العـالم الطبيعـي و لـيس تـدميره، و مـن خـلال اختيـار التفكيـــك بـــدلاً مـــن الهـــدم، يســـتطيع المهندســـون المعمـــاريون و البنـــاؤون تقليـــل النفايـــات و خلـــق فـــرص جديـــدة لإعـــادة اســـتخدام المـــواد و إعـــادة تدويرها.

ممارسـات البنـاء الـدائري: إن مفهـوم الدائريـة، الـذي يقـوم علـى مبـادئ التخفـيض و إعـادة الاسـتخدام و إعـادة التـدوير، هـو بمثابـة ضـوء يوجهنـا في رحلتنـا نحـو البنـاء المسـتدام، إنهـا فلسـفة تتحـدانا لإعـادة التفكيـر في علاقتنـا مـع العـالم الطبيعـي، و رؤيـة النفايـات لـيس كمنـتج ثـانوي و لكـن كمـورد، و تصـميم المبـاني التـي تقلـل مـن تأثيرهـا البيئـي و تسـاهم أيضـاً في دورة تجديد و ترميم.

تصـميم مـن المهـد إلى المهـد: التصـميم مـن المهـد إلى المهـد هـو نهـج في الهندسـة المعماريـة يسـعى إلى إنشـاء مبـاني ليسـت مسـتدامة فحسـب، بـل متجـددة أيضـاً، و هـو يعتمـد علـى رؤيـة حلقـة مغلقـة، حيـث يـتم الـتخلص مـن النفايـات و يـتم تـدوير المـواد بشـكل دائـم مـن خـلال النظـام، مـن خـلال التصـميم مـع وضـع مبـادئ المهـد إلى المهـد في الاعتبـار، يمكـن

إنشـــاء مســـاحات تقلـــل مـــن تأثيرهـــا البيئـــي و تعـــزز أيضاً صحة و رفاهية شاغليها.

نمذجــة معلومــات البنــاء (BIM): نمذجــة معلومــات البنـــاء (BIM) هـــي أداة رقميـــة تســـمح للمهندســـين المعمـــاريين و البنـــائين بتصـــور و محاكـــاة و تحليـــل مشــاريعهم قبــل بنائهــا، تتــيح هــذه التكنولوجيــا، التــي أحــدثت ثــورة في صــناعة البنــاء و التشــييد، اتبــاع نهــج أكثــر تكــاملاً و تعاونــاً في التصــميم و البنــاء، و بالتــالي تعزيز الاستدامة و الحد من النفايات.

تقيـــيم دورة الحيـــاة (LCA): تقيـــيم دورة الحيـــاة (LCA) هــو طريقــة لتقيــيم التــأثير البيئــي لمنــتج أو خدمــة طــوال دورة حياتهــا بأكملهــا، و يــوفر هــذا الــنهج إطــاراً شــاملاً و منهجيــا لتقيــيم الأداء البيئــي للمبــاني، و بالتــالي تمكــين المهندســين المعمــاريين مــن اتخــاذ

قـرارات مســتنيرة بشـأن اختيـار المـواد، و طـرق البنـاء، و أنظمة إدارة النفايات.

إن التحـول نحـو البنـاء المسـتدام لـيس واجبـاً أخلاقيـاً فحســب، بـل هـو أيضـاً فرصـة اقتصـادية، يـوفر هـذا المجـال المزدهـر، و الـذي يقـوده الطلـب المتزايـد علـى المبـاني الأكثـر اسـتدامة ثـروة مـن الفـرص للابتكـار و النمو و الازدهار.

الوظـــائف الخضـــراء: يـــؤدي التحـــول نحـــو البنـــاء المســـتدام إلى خلـــق جيـــل جديـــد مـــن الوظـــائف الخضـراء، مـن المهندسـين المعمـاريين إلى البنـائين و مـــديري النفايـــات، و هـــذه الوظـــائف ذات معنـــى و جيـدة الأجـر أيضـاً، و تـوفر طريقـاً واعـداً نحـو مسـتقبل أكثر استدامة و إنصافا.

فـرص السـوق: ينمـو سـوق المبـاني الخضـراء بمعـدل غيـر مسـبوق، مـدفوعاً بمجموعـة مـن العوامـل، بمـا في ذلـك زيـادة الـوعي البيئـي، و قـوانين و أنظمـة البنـاء الأكثـر صـرامة، و زيـادة طلـب المسـتهلكين علـى المبـاني الأكثـر اسـتدامة، و هـذا الاتجـاه، الـذي مـن المتوقـع أن يسـتمر في السـنوات المقبلـة، يـوفر ثـروة مـن الفـرص للشـركات و رجـال الأعمـال في صـناعة البناء و التشييد.

وفـورات في التكـاليف: يـؤدي البنـاء المسـتدام إلى تقليـل النفايـات و تعزيـز الاسـتدامة و يـوفر أيضـاً وفـورات كبيـرة في التكـاليف، و مـن خـلال تصـميم المبـاني الأكثـر كفـاءة في اسـتخدام الطاقـة، و الميـاه، و المـواد، نسـتطيع تـوفير الأمـوال التـي تنفـق علـى تكـاليف البنـاء و التشـغيل و الصـيانة، و تعزيـز قيمـة و مرونة المشاريع.

أكثر من مجرد بناء

لتحقيــق الاســتدامة في التخطــيط الحضــري، لا بــد مــن البــدء بإنشــاء منــاطق بيئيــة و مجتمعــات مخططــة مصــممة لتقليــل التــأثير البيئــي مــن خــلال البنيــة التحتيـــة الفعالـــة و أنظمـــة الطاقـــة المتجـــددة و ممارســـات البنـــاء المســـتدامة، تســـعى إلى إنشـــاء مســـاحات تلبـــي احتياجاتنـــا الوظيفيـــة و تســـاهم في دورة تجديديـــة و تصـــالحية، و مـــن بعـــض العناصـــر الأساسية للمناطق البيئية:

تطـــوير متعـــدد الاســـتخدامات: إن الجمـــع بـــين المســـاحات الســـكنية و التجاريـــة و العامـــة علـــى مســـافة قريبـــة يعـــزز التفاعـــل المجتمعـــي و يقلـــل احتياجـــات النقـــل و يعـــزز الاســـتدامة الاجتماعيـــة، و ينطـوي هـذا الـنهج، الـذي يقـوم علـى مبـدأ "العـيش، العمـل، الترفيـه"، علـى خلـق بيئـات حضـرية ليسـت

وظيفيـة فحسـب، بـل نابضـة بالحيـاة و متنوعـة، و مـن خـلال دمـج الاسـتخدامات المختلفـة للأراضـي، يمكـن للمهندســين المعمــاريين و المخططــين الحضــريين إنشــاء مســاحات تقلــل مــن التــأثير البيئــي و تعــزز صحة و رفاهية شاغليها.

تصـميم مضـغوط: تـؤدي تكثيـف المنـاطق الحضـرية إلى تقليــل اســتخدام الأراضــي مــع تقليــل اســتهلاك المـوارد و تعزيـز حيـاة مجتمعيـة أكثـر حيويـة و ترابطـاً، و يتضــمن هــذا الــنهج، الــذي يعتمــد مفهــوم "النمــو الــذكي"، إنشــاء أحيــاء مدمجــة يســهل المشــي فيهــا و مصــممة لتحقيــق أقصــى قــدر مــن الكفــاءة و تقليــل النفايــات، مــن خــلال التصــميم مــع أخــذ الكثافــة في الاعتبـار، يمكـن إنشـاء مسـاحات تحـافظ علـى المـوارد و تعزز أيضاً الشعور بالمجتمع و الانتماء.

البنية التحتية الخضراء: إن دمج المساحات الخضراء، مثل المتنزهات أو الحدائق المجتمعية، يوفر مناطق ترفيهية و يساهم في تحسين جودة الهواء و تنظيم درجة الحرارة و إدارة مياه الأمطار، و يتضمن هذا النهج، الذي يعتمد على مبدأ "التصميم الحيوي"، خلق بيئات حضرية تلبي احتياجاتنا الوظيفية و تربطنا أيضاً بالعالم الطبيعي، و من خلال دمج البنية التحتية الخضراء في مدننا، نستطيع إنشاء مساحات تعزز الاستدامة و تعمل على تحسين نوعية الحياة لسكانها.

كفاءة الطاقة: يؤدي تنفيذ تقنيات البناء الموفرة للطاقة و أنظمة الطاقة المتجددة إلى تقليل انبعاثات الكربون و تقليل البصمة البيئية للمناطق الحضرية، و يتضمن هذا النهج إنشاء المباني و البنية التحتية التي تكون مستدامة و متجددة، من خلال التصميم مع وضع كفاءة الطاقة في الاعتبار،

يمكن إنشاء مساحات تقلل من تأثيرها البيئي و تساهم في مستقبل أنظف و أكثر استدامة.

إن مفهوم الشمولية، الذي يقوم على مبادئ الإنصاف و المساواة و العدالة، هو بمثابة فلسفة تتحدانا لإعادة التفكير في نهجنا في التصميم الحضري، لرؤية المدن ليس كمجرد مجموعات من المباني و البنية التحتية و لكن ككائنات حية تتنفس و تعكس تنوع و تعقيد التجربة الإنسانية.

إمكانية الوصول الشامل: إمكانية الوصول الشامل هي نهج للتصميم الحضري يسعى إلى إنشاء مساحات يمكن للجميع الوصول إليها، بغض النظر عن العمر أو القدرة أو الوضع الاجتماعي و الاقتصادي، و يتضمن إنشاء المباني و البنية التحتية التي تكون وظيفية و قابلة للتكيف و شاملة.

التخطـيط التشـاركي: التخطـيط التشـاركي هـو نهـج للتصـميم الحضـري يتضـمن المشـاركة النشـطة للمـواطنين في عمليـة التخطـيط و صـنع القـرار، و يسـعى إلى خلـق عمليـة تخطـيط أكثـر ديمقراطيـة و شـفافية، حيـث يـتم الاسـتماع إلى أصـوات و وجهـات نظـر جميـع أصـحاب المصـلحة و تقـديرها، و مـن خـلال إشـراك المـواطنين في عمليـة التخطـيط، يمكـن للمهندسـين المعمـاريين والمخططـين الحضـريين إنشـاء مسـاحات تعكـس احتياجـات و تطلعـات المجتمع و تعزز الشعور بالملكية و الانتماء.

الإسـكان الميسـر: يعـد الإسـكان الميسـر عنصـراً حاسـماً في التخطـيط الحضـري المسـتدام، لأنـه يـوفر الأسـاس للمسـاواة الاجتماعيـة و العدالـة، و ينطـوي هـذا الـنهج علـى إيجـاد خيـارات إسـكان في المتنـاول و آمنـة و لائقـة و متاحـة للجميـع تعمـل علـى تعزيـز العدالة الاجتماعية.

و تعـــد الشـــراكات بـــين القطـــاعين العـــام و الخـــاص ترتيبـــات تعاونيـــة، حيـــث يـــتم تقاســـم المـــوارد و المخـــاطر و المكافـــآت في الســـعي لتحقيـــق هـــدف مشـترك، و تـوفر هـذه الشـراكات، التـي تسـتخدم علـى نحـــو متزايـــد في التخطـــيط الحضـــري المســـتدام، أداة قويـة للاسـتفادة مـن المـوارد و الخبـرات و الابتكـار في خدمة مستقبل أكثر استدامة و عدالة.

المبـــادرات المجتمعيـــة: المبـــادرات المجتمعيـــة هـــي جهـــود شـــعبية يقودهـــا الســـكان المحليـــون و المنظمـــات و الشـــركات لمعالجـــة قضـــايا أو تحـــديات محـــددة داخـــل مجـــتمعهم، و تقـــدم هـــذه المبـــادرات، التـــي غالبـــاً مـــا تكـــون مدفوعـــة بإحســـاس عميـــق بالمكـــان و الالتـــزام المشـــترك بالاســـتدامة، نموذجـــاً قوياً للعمل الجماعي و التغيير الاجتماعي.

التخطـيط الإقليمـي: التخطـيط الإقليمـي هـو نهـج للتخطـيط الحضـري يسـعى إلى إنشـاء نهـج أكثـر تكـاملاً و تنسـيقاً للتنميـة علـى المسـتوى الإقليمـي، و ينطـوي علـى خلـق رؤيـة مشـتركة للمسـتقبل تعمـل علـى إيجـاد التـوازن بـين الاعتبـارات الاقتصـادية و الاجتماعيـة و البيئيـة، ممـا يسـهم في إنشـاء مـدن تلبـي احتياجاتنـا الوظيفيـة و تسـاهم في تحقيـق مسـتقبل أكثر استدامة و إنصافاً.

الابتكارات

إن اعتمـــاد التقنيـــات المتقدمـــة التـــي تتـــيح إدارة المـــوارد بكفـــاءة و تحســـين أداء البنـــاء تعتبـــر خطـــوة مهمة في الاستدامة في الهندسة المعمارية.

الـــذكاء الاصـــطناعي (AI): يتـــيح دمـــج الـــذكاء الاصـــطناعي في أنظمـــة البنـــاء إدارة محســـنة للطاقـــة، و الصـــيانة التنبؤيـــة، و تحســـين مراقبـــة جـــودة البيئـــة الداخليـــة، و يتضـــمن إنشـــاء مبـــاني تلبـــي احتياجاتنـــا الوظيفيـــة و تـــتعلم مـــن شـــاغليها و بيئتهـــا و تتكيـــف معهم.

إنترنـت الأشـياء (IoT): تنفيـذ أجهـزة إنترنـت الأشـياء في المبـــاني جمـــع البيانـــات في الوقـــت الفعلـــي حـــول اســـتخدام الطاقـــة و أنمـــاط الإشـــغال وجـــودة الهـــواء، ممـــا يســـهل اتخـــاذ القـــرارات المســـتنيرة للعمليـــات

المســتدامة، يتضــمن هــذا إنشــاء مبــاني تتواصــل مــع شاغليها و بيئتها و تستجيب لهم.

أنظمــة البنــاء الذكيــة: يــؤدي الجمــع بــين الــذكاء الاصــطناعي و إنترنــت الأشــياء و التقنيــات المتقدمــة الأخـرى إلى إنشـاء أنظمـة بنـاء ذكيـة و مترابطـة تعمـل علــى أتمتــة المهــام مثــل الــتحكم في درجــة الحــرارة و الإضاءة و الأمن مع تقليل استهلاك الموارد.

إن خلـق بيئـة مبنيـة مسـتدامة لـيس مجـرد ضـرورة أخلاقيـة فحسـب، بـل هـو أيضـا فرصـة للابتكـار و النمـو و الازدهـار، يـوفر ثـروةً مـن الفـرص للحـد مـن بصـمتنا الكربونيـة، و التخفيـف مـن آثـار تغيـر المنـاخ، و تعزيـز العدالـة الاجتماعيـة و العدالـة، و مـع ذلـك، فـإن الرحلـة نحـو بيئـة مبنيـة مسـتدامة ليسـت رحلـة بسـيطة أو مباشـرة، فهـي تتطلـب جهـوداً متضـافرة مـن جميـع قطاعـات المجتمـع، مـن الحكومـات و الشـركات إلى الأفـراد و المجتمعـات، و تتطلـب تحـولاً جوهريـاً في قيمنـا و أولوياتنـا، مـن التركيـز علـى المكاسـب القصـيرة الأجـل إلى الالتـزام بالاسـتدامة الطويلـة الأجـل، مـع الاسـتعداد لتقبـل التغييـر و الابتكـار و التكيف مع تحديات عالم سريع التغير.

تنصل من المسؤولية

الآراء الــواردة في هــذا الكتــاب هــي آراء المؤلــف و لا تعكــس بالضــرورة السياســة أو الموقــف الرســمي لأي وكالة أو منظمة أو صاحب عمل أو شركة.

يــتم تــوفير أي مــواد أو وســائط أو مواقــع ويــب مشــار إليهــا هنــا لأغــراض إعلاميــة فقــط. لا يضــمن المؤلــف دقتهــا ولا يتحمــل أي مســؤولية عــن أي معلومــات أو تمثيل وارد فيها.

علــى الــرغم مــن إجــراء أبحــاث مكثفــة مــن مصــادر أكاديميــة و تقنيــة موثوقــة، إلا أن هــذا العمــل قــد يحتــوي علــى أخطــاء أو ســهو غيــر مقصــود، مــع اســتمرار التطــورات التكنولوجيــة و الاجتماعيــة، قــد تصــبح بعــض التفاصيل أو الإحصائيات قديمة.

لا يتم التعبير عن أي توصيات أو موافقات أو علاقات تجارية بين المؤلف و أي طرف ثالث بشكل صريح أو ضمني، هذا الكتاب مخصص للأغراض التعليمية و البحثية فقط و ليس المقصود منه تقديم مشورة قانونية أو مهنية أو غيرها.

يعترف المؤلف بالقيود في المعالجة الكاملة للمشاكل الاجتماعية التقنية المعقدة و يرحب بالمناقشة المحترمة لتعزيز التفاهم الجماعي.

عن المؤلف

ماهر أسعد بكر

مؤلــف، صــحفي، و موســيقي ســوري. ولــد في دمشــق، سوريا عام 1977 .

عن هذا الكتاب

هـذا الكتـاب هـو رحلـة إلى قلـب الهندسـة المعماريـة الخضـراء، و غـوص في فلسـفة و علـم و فـن إنشـاء مسـاحات تحتـرم الكوكـب و تحـافظ عليـه للأجيـال القادمة.

بـدءً مـن وضـع الأسـاس و التعمـق في تعريـف و أهميـة و تطـور العمـارة الخضـراء، و عبـر وجهـات النظـر التاريخيـة و الأطـر النظريـة و المبـادرات العالميـة التـي شـكلت هـذا المجـال الحيـوي، إلى استكشـاف الجانـب العملـي، و كفـاءة الطاقـة، و الحفـاظ علـى الميـاه، و اختيـار المـواد المسـتدامة، في تـأملات عميقـة حـول كيفيـة العـيش في وئـام مـع بيئتنـا، و تقليـل بصـمتنا مـع زيـادة جـودة حياتنـا إلى الحـد

الأقصـــى، مـــن خـــلال دمـــج الطبيعـــة في مســـاحات المعيشة و تعزيز جودة البيئة الداخلية.

هـذا الكتـاب لـيس عـن الهندسـة المعماريـة الخضـراء، بقـدر مـا أنـه دعـوة إلى المسـؤولية، و دليـل للعـيش في وئـام مـع الطبيعـة، و مخطـط لمسـتقبل مسـتدام، أنـه رحلـة تلهـم أفعالـك، و تسـاعدك علـى المسـاهمة في الحفاظ على وطننا المشترك و تعزيزه.